



Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica

# **Caixa Multiplicadora de uma Turbina Eólica: Processos de Fabrico e Ciclos de Vida**

Paulino Ferreira Vieira

**Dissertação de Mestrado**

Orientador FEUP: Eng. Luís Andrade Ferreira

Orientador Haas: Eng. Nuno Lopes

25 de Julho de 2018



## Resumo

O homem sempre sonhou e imaginou, desde sempre na sua mente existiu a necessidade de projectar, seja para as tarefas mais simples do dia-a-dia ou para as construções mais complexas e variadas concebidas pelo homem. Existe sempre a necessidade de descobrir como fazer e a necessidade de fazer da forma mais simples possível. Neste caso no projecto de construção mecânica procura-se solucionar problemas e satisfazer necessidades existentes, criando, para isso, novidades, alterando conceitos e principalmente mudando as formas de pensar. Para que tudo isto seja possível será sempre necessário debater ideias e testar as ideias em que acreditamos. Em projecto para se ser bem-sucedido terá que se testar e errar várias vezes, tornando muitas vezes o projecto num processo iterativo.

Em engenharia mecânica o ramo de projecto é o primeiro a definir a função e aspecto de um determinado produto, condicionando posteriormente as fases de produção, implementação e satisfação pelo produto. Daí o responsável pelo projecto deve ter a capacidade e a preocupação de pensar nos passos seguintes que o produto irá sofrer, tendo em conta o tempo, a matéria-prima e os custos.

O objectivo desta dissertação é o projecto de uma caixa multiplicadora para uma turbina eólica, a partir de um anteprojecto já existente, procurando assim uma solução mais próxima do ideal e mais fácil de produzir.

Esta dissertação iniciou-se então pelo estudo e análise do anteprojecto existente, procedendo a alterações necessárias para que fosse mais simples a sua produção, montagem e funcionamento. Para cada peça não normalizada foi atribuída uma referência e desenvolvidos todos os desenhos necessários para a produção das mesmas. Para as peças normalizadas foi criada uma listagem das peças necessárias.

Para que a produção das peças seja possível foram seleccionados os equipamentos necessários para cada processo de fabrico. Também existe um plano de fabrico que indica a matéria-prima necessária, processos de fabrico necessários para a produção, equipamentos utilizados e acabamento superficial de cada peça. No final desta dissertação é apresentada a sequência de montagem da caixa multiplicadora.

## Agradecimentos

O primeiro agradecimento será para a minha família que sempre esteve do meu lado a me apoiar durante todo o percurso académico.

Ao meu orientador na FEUP, Eng. Luís Andrade Ferreira, que permitiu a existência deste projecto, e pela orientação dada ao longo de todo o projecto.

Ao orientador na Haas Factory Outlet, Eng. Nuno Lopes, pela dedicação a este projecto e pelos conhecimentos transmitidos.

À Haas Factory Outlet, e ao Eng. Carlos Vilas-Boas por aceitarem a parceria efectuada.

A todos os colaboradores da Haas Factory Outlet, que desde sempre foram simpáticos e se mostraram disponíveis para colaborar neste projecto. Um particular agradecimento ao Óscar Pereira que foi uma grande ajuda na parte da simulação CAM e maquinagem da peça.



# Índice

<b>1 - Introdução.....</b>	<b>1</b>
Haas Factory Outlet .....	2
Objectivos .....	3
Estrutura .....	3
<b>2 - Processos de fabrico CNC .....</b>	<b>4</b>
Processos de Corte.....	4
Corte a Laser.....	4
Corte com jacto de água .....	6
Oxicorte .....	7
Corte por Plasma .....	8
Processos de Maquinagem .....	9
Torneamento.....	9
Fresagem .....	10
Soldadura .....	12
Soldadura por eléctrodo revestido .....	12
MIG/MAG .....	13
Soldadura TIG .....	15
Soldadura oxiacetilénica .....	16
Soldadura por Arco submerso.....	17
<b>3 - Caixa multiplicadora de uma turbina eólica .....</b>	<b>18</b>
Características principais .....	18
Solução do Tiago Leça.....	19
Correcções e Alterações iniciais.....	22
Dimensionamento de alguns componentes mecânicos .....	27
Toleranciamento .....	32

Modificações de design .....	38
Referenciação das peças não normalizadas .....	41
Listagem de material normalizado .....	46
Sequência de montagem da caixa multiplicadora .....	47
<b>4 - Equipamentos requeridos .....</b>	<b>60</b>
<b>5 - Protecção anti corrosão .....</b>	<b>63</b>
<b>6 - Plano de fabrico das peças .....</b>	<b>64</b>
<b>7 - Desenhos técnicos das peças .....</b>	<b>67</b>
<b>8 - Custos de produção .....</b>	<b>68</b>
<b>9 – Simulação da maquinagem de uma peça .....</b>	<b>69</b>
Ferramentas utilizadas e sequência de maquinagem .....	74
<b>10 – Conclusão .....</b>	<b>79</b>
<b>Bibliografia.....</b>	<b>80</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>85</b>
Anexo A: Tolerâncias de veios e furos do catálogo SKF.....	86
Anexo B: Ficha técnica TCI cutting BP-S 3060.....	87
Anexo C: Ficha técnica Oxyser Vulcano .....	88
Anexo D: Ficha técnica Nutec Bickley, car-bottom furnaces.....	89
Anexo E: Ficha técnica Ficep DD 1100 .....	90
Anexo F: Ficha técnica George ultraturn R .....	91
Anexo G: Ficha técnica Haas ST40 .....	92
Anexo H: Ficha técnica Pietro Carnaghi AC24T/TM.....	93
Anexo I: Ficha técnica Haas VM2.....	94

Anexo J: Ficha técnica Kemppi X8.....	95
Anexo K: Guia de esquemas de pintura CIN .....	96
Anexo L: Plano de produção das peças .....	97

## Índice de figuras

Figura 1 - Logotipo Hass.....	2
Figura 2 - Bico de corte laser .....	5
Figura 3 - Esquema funcionamento corte por jacto de água .....	6
Figura 4 - Esquema de funcionamento oxicorte.....	7
Figura 5 - Cabeça de corte por plasma .....	8
Figura 6 - Movimentos de torneamento .....	9
Figura 7 - Operações de torneamento .....	10
Figura 8 - Tipos de fresagem.....	11
Figura 9 - Formas de fresagem .....	12
Figura 10 – Representação esquemática da soldadura por eléctrodo revestido	13
Figura 11 – Representação esquemática da soldadura Mig/Mag.....	14
Figura 12 - Representação esquemática da soldadura TIG .....	15
Figura 13 - Representação esquemática da soldadura oxiacetilénica .....	16
Figura 14 - Representação esquemática da soldadura por arco submerso .....	17
Figura 15 - Ponta do veio principal .....	22
Figura 16 - Anilha em contacto com as duas pistas do rolamento (esq), nova solução (drt).....	23
Figura 17 - Sistema de apoio do veio sol-porta-satélites .....	25
Figura 18 - representação do veio sol-roda e do veio de saída.....	26
Figura 19 - Apoio do veio principal .....	26
Figura 20 - Tolerância geométrica dos veios segundo a SKF.....	33
Figura 21 - Ajustes recomendados em função do tipo de carga.....	34
Figura 22 - Rugosidade superficial para alojamento dos rolamentos.....	35
Figura 23 – Formas de montagem de o-rings.....	35
Figura 24 - Dimensões para a primeira forma de montagem dos o-rings .....	36
Figura 25 - Dimensões para a segunda forma de montagem dos o-rings.....	36
Figura 26 - Rugosidade superficial para alojamento dos o-rings .....	36
Figura 27 - Dimensões para o alojamento dos vedantes radiais.....	37
Figura 28 - Rugosidade superficial para alojamento dos vedantes radiais .....	37
Figura 29 - Design inicial das caixas dos rolamentos caixa 1 (esq) caixa 2 (drt).	38

Figura 30 - Design final das caixas dos rolamentos caixa 1 (esq) caixa 2 (drt) ...	39
Figura 31 - Carter 1, design inicial (esq) e final (drt) .....	40
Figura 32 - Carter tampa (esq), anel e fundo do cárter tampa (drt) .....	40
Figura 33 - Identificação dos componentes exteriores da caixa .....	44
Figura 34 - Identificação dos componentes internos da caixa (1).....	45
Figura 35 - Identificação dos componentes internos da caixa (2).....	45
Figura 36 - Montagem do veio principal.....	48
Figura 37 - Fecho das caixas dos rolamentos .....	48
Figura 38 - Planeta do primeiro estágio de multiplicação preparado.....	49
Figura 39 - Montagem do porta-satélites do primeiro estágio de multiplicação .....	50
Figura 40 - Montagem do cárter 1.....	50
Figura 41 - Posicionamento do porta-satélites 1.....	51
Figura 42 - fixação do cárter do segundo estágio de multiplicação .....	52
Figura 43 - Preparação do veio sol-porta-satélites.....	52
Figura 44 - Planeta do segundo estágio de multiplicação preparado .....	53
Figura 45 - Montagem do porta-satélites do segundo estágio de multiplicação	54
Figura 46 - Assemblagem do veio sol-porta-satélites com o porta-satélites .....	54
Figura 47 – Posicionamento do veio e do porta-satélites .....	55
Figura 48 - Posicionamento do veio sol-roda .....	55
Figura 49 - Montagem do cárter 3.....	56
Figura 50 - Acoplamentos dos componentes ao veio sol-roda .....	57
Figura 51 - Montagem do veio do pinhão .....	57
Figura 52 - Colocação dos o-rings no anel do cárter tampa .....	58
Figura 53 – Fechar a caixa multiplicadora .....	59
Figura 54 - Vista geral da caixa multiplicadora .....	59
Figura 55 - Anilha do planeta do 2º estágio .....	69
Figura 56 - Definição dimensões matéria-prima .....	70
Figura 57 - Menu de selecção de ferramentas pré-definidas.....	71
Figura 58 - Menu de personalização de ferramentas.....	71
Figura 59 - Menu de definição das velocidades .....	72
Figura 60 - Menu de definição de área de trabalho da ferramenta.....	73

Figura 61 - Menu de definição dos passes.....	73
Figura 62 - Menu de simulação .....	74
Figura 63- Primeiro passo de maquinagem da peça .....	75
Figura 64 - Segundo passo de maquinagem da peça .....	76
Figura 65 - Terceiro passo de maquinagem da peça .....	76
Figura 66 - Quarto passo de maquinagem da peça .....	77
Figura 67 - Quinto passo de maquinagem da peça .....	77
Figura 68 - Sexto passo de maquinagem da peça .....	78

## Índice de tabelas

Tabela 1 - Propriedades iniciais do 1º estágio de multiplicação .....	19
Tabela 2 - Propriedades iniciais do 2º estágio de multiplicação .....	19
Tabela 3 - Propriedades iniciais do 3º estágio de multiplicação .....	20
Tabela 4 - Rolamentos escolhidos pelo Tiago.....	21
Tabela 5 - Propriedades finais do 1º estágio de multiplicação .....	27
Tabela 6 - Propriedades finais do 2º estágio de multiplicação .....	28
Tabela 7 - Propriedades finais do 3º estágio de multiplicação .....	28
Tabela 8 - Rolamentos necessários para a caixa .....	29
Tabela 9 - Dimensões dos estriados dos veios e cubos.....	31
Tabela 10 - Referências das peças não normalizadas .....	42
Tabela 11 - Lista de material normalizado .....	47
Tabela 12 – Características básicas TCI cutting BP-S 3060 .....	60
Tabela 13 - Características básicas Oxyser Vulcano .....	60
Tabela 14 - Características básicas Nutec Bickley, car-bottom furnace.....	61
Tabela 15 - Características básicas Ficep DD 1100 .....	61
Tabela 16 - Características básicas George ultraturn R.....	61
Tabela 17 - Características básicas Haas ST40.....	61
Tabela 18 - Pietro Carnaghi AC24T/TM .....	62
Tabela 19 - Características básicas Haas VM2 .....	62
Tabela 20 - Preços dos equipamentos.....	68
Tabela 21 - Numeração das ferramentas .....	75

## 1 - Introdução

Na área de projecto mecânico tem que existir uma ideia inicial, um problema ou mesmo uma fantasia que faça despontar a necessidade e a vontade de criar algo. A meta será a obtenção de um produto ou a melhoria de um já existente, que será sobre este ultimo ponto que esta dissertação se irá debruçar.

É de referir que esta dissertação tem como base o projecto desenvolvido pelo Tiago Leça e orientado pelo Eng. José Sampaio, intitulando-se de “Turbina Eólica: Anteprojecto dos elementos mecânicos de uma turbina eólica”. Este anteprojecto irá ser modificado em alguns aspectos para que fique próximo da realidade existente, dando assim mais um passo para que um dia possa a se tornar realidade e deixe de ser apenas um projecto.

Esta dissertação irá estudar os processos de fabrico de uma caixa multiplicadora de uma turbina eólica, esta encontra-se entre as pás da turbina e o gerador eléctrico. A função desta caixa é permitir que o gerador eléctrico possa ser accionado a uma rotação muito mais elevada que a rotação das pás da turbina.

O anteprojecto elaborado pelo Tiago já se encontra muito próximo da realidade, existindo uma preocupação de dimensionar vários elementos, o design de algumas partes foi estudado e foi seleccionado vário material necessário.

Finalmente esta dissertação vai prosseguir o trabalho feito anteriormente pelo Tiago, optimizando alguns componentes, verificando a necessidade de outros e alterando algumas escolhas do anteprojecto. Todas as decisões são tomadas tendo em consideração os passos que existirão em seguida, nomeadamente a produção das peças e a montagem da caixa.

Para ser possível todas estas fases na obtenção de um produto, neste projecto, existiu a parceria entre a FEUP e a Haas Factory Outlet, colocando todo o pessoal e equipamento ao dispor da realização deste projecto. Nesta dissertação a maior colaboração na Haas Factory Outlet foi prestada pelo Eng. Nuno Lopes, já na Feup a maior colaboração foi prestada pelo Eng. Luís Ferreira Andrade.



## Haas Factory Outlet



Figura 1 - Logotipo Haas

A Haas Automation é o maior fabricante de máquinas-ferramenta do mundo ocidental, produzindo centros de maquinagem vertical CNC, centros de maquinagem horizontal CNC, tornos CNC, mesas rotativas e outras máquinas específicas.

Gene Haas fundou em 1983 a empresa Haas automation, para produzir máquinas CNC fiáveis a baixo custo. Desde a abertura a capacidade de produção tem vindo sempre a aumentar, estando constantemente a acrescentar novos equipamentos de fabrico, melhorando sempre a qualidade e reduzindo o custo de produção.

A Haas Factory Outlet é uma divisão da AfterSales, que foi criada para comercializar máquinas-ferramenta CNC da Haas Automation. Para além do fornecimento das máquinas possuem um elevado inventário de peças de reposição, veículos totalmente equipados para montagens e assistências e técnicos altamente qualificados para providenciar formações na área.

A formação de pessoas tem vindo a ser umas das prioridades da Haas, ao abrir as suas portas para efectuar formações na área das máquinas CNC, tem contribuído para o desenvolvimento desta industria e para o desenvolvimento do próprio país. As parcerias efectuadas entre a Haas e as instituições de ensino superior tem vindo a se revelar benéficas para ambas as partes. As instituições conseguem assim proporcionar aos alunos um contacto com o mundo empresarial e melhorar a formação dos seus alunos. Em contrapartida a Haas consegue divulgar o seu conhecimento, e proporcionar aos seus colaboradores uma experiência diferente aos seus colaboradores, retirando-os da rotina habitual. [2] [3]

## Objectivos

Rever o anteprojecto já existente

Fazer modificações necessárias

Fazer um modelo 3D dos elementos não normalizados necessários

Fazer desenhos técnicos das peças e desenhos de fabrico necessários

Escolher o processo de fabrico de cada peça e seleccionar o equipamento necessário

Apresentar a sequência de montagem da caixa

Fabricar uma peça na Haas

## Estrutura

Capítulo 1 – Pequena introdução para explicar os objectivos, as motivações para este projecto e as entidades envolvidas.

Capítulo 2 – Descrição de alguns processos de fabrico possíveis de utilização neste projecto.

Capítulo 3 – Capítulo onde são descritas todas as características da caixa, indicado o trabalho efectuado pelo Tiago Leça, sugeridas as minhas modificações e descritos os dimensionamentos efectuados. É também descrito todo o material necessário e feita uma breve apresentação de como deve de ser feita a montagem da caixa.

Capítulo 4 – Apresentação dos equipamentos necessários para a produção da caixa.

Capítulo 5 – Descrição do acabamento superficial no exterior da caixa.

Capítulo 6 – Definição das várias etapas necessárias para se produzir cada peça.

Capítulo 7 – São apresentados alguns desenhos de alguns componentes e explicado o porquê dos desenhos efectuados.

Capítulo 8 – Alguns custos associados ao desenvolvimento de um projecto como este, e custos de implementação de uma unidade de produção desta caixa.

Capítulo 9 – Este capítulo destina-se a definir como simular a maquinaria de uma peça.

Capítulo 10 – Algumas conclusões.

## **2 - Processos de fabrico CNC**

### **Processos de Corte**

#### **Corte a Laser**

O corte a laser é um tipo de corte térmico, feito a partir da fusão ou evaporação do material que pretendemos transformar, para isso é utilizada uma lente que foca um feixe de luz num local muito pequeno, quase num só ponto. Como a zona de corte é muito pequena isto permite uma grande flexibilidade de corte, podendo-se cortar formas muito variadas.

O laser pode ser utilizado para corte de chapas 2D, com espessuras muito finas e até cerca de 25mm no caso de ser aço. Também pode ser utilizado em corte de formas geométricas tridimensionais. Neste processo não existe desgaste de ferramentas.

Esta processo possibilita-nos um grande aproveitamento de material, existindo poucos desperdícios. Não existe formação de rebarba e a zona termicamente afectada é muito reduzida. A velocidade de corte pode atingir os 16m/s, devido a hoje em dia existir muitos avanços nos controladores cnc, que cada vez mais aumentão a sua velocidade e precisão.

Ainda é utilizado um gás denominado gás de corte que tem como função a remoção de material solto para que o laser esteja sempre a incidir no material a remover, normalmente é utilizado oxigénio ou nitrogénio. [4] [5]

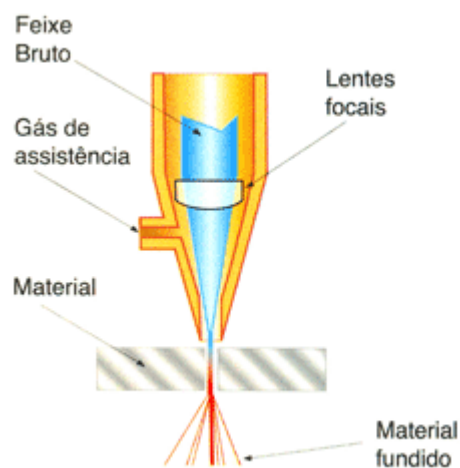


Figura 2 - Bico de corte laser

## Corte com jacto de água

O corte com jacto de água é efectuado por um jacto de água a elevada pressão, podendo este jacto conter ou não um abrasivo. Como no corte por laser o corte por jacto de água tem uma possibilidade de utilizações muito vasta pois a área de corte é muito reduzida e não existe desgaste de ferramentas, mantendo assim as dimensões mais facilmente dentro das tolerâncias.

O jacto de água tem várias aplicações podendo ser destinado apenas ao corte de placas mas também pode ser utilizado para corte de estruturas tridimensionais. Pode ser utilizado no corte de materiais com espessuras inferiores a 1mm mas pode cortar também até 200mm de espessura no caso de aços. Existe uma variedade muito grande de materiais a poderem ser processados com este tipo de corte nomeadamente madeira, plásticos, rochas, metais ou mesmo sandwicks de vários materiais.

O controlo deste corte é efectuado através de controladores CNC. Uma vantagem muito grande é que neste processo não existe zona termicamente afectada o que se pode tornar uma característica muito interessante no corte de metais.

[6] [7] [8]

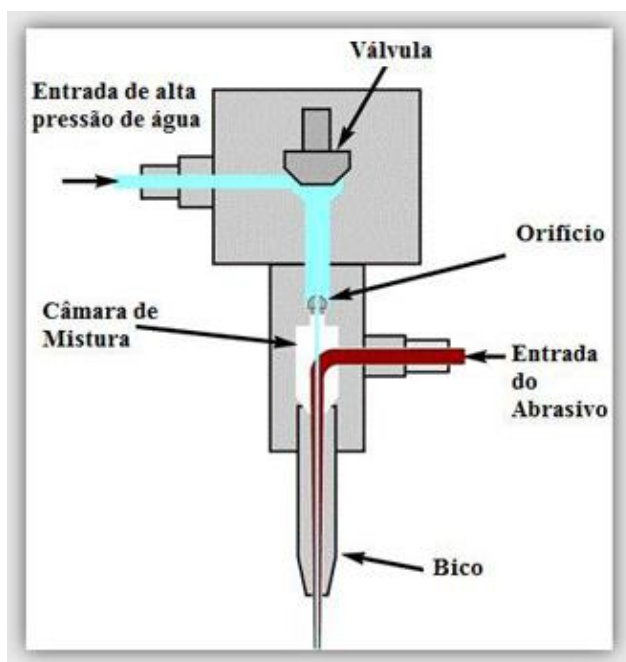


Figura 3 - Esquema funcionamento corte por jacto de água

## Oxicorte

O oxicorte é um tipo de corte térmico, feito a partir da fusão do material que pretendemos transformar. Através de um bico flui um gás combustível e oxigénio, a chama produzida pelo gás combustível irá aquecer o material, e o oxigénio é utilizado para oxidar o material. Uma vez que alguns óxidos têm pontos de fusão mais baixos que o material originário, apenas é necessário fundir estes, que são removidos pelo jacto de oxigénio. O processo de oxidação é um processo exotérmico o que leva a que este tipo de corte quase se sustente a si próprio em termos energéticos. Como nos processos descritos anteriormente este também tenta ter um ponto de contacto o mais pequeno possível para que seja mais fácil o corte.

Uma limitação deste processo é o tipo de material em que pode ser utilizado, uma vez que este processo se baseia na oxidação de material não pode ser utilizado em metais não oxidantes. Este corte é maioritariamente utilizado no corte de aço, principalmente quando são espessuras elevadas a serem cortadas, pode cortar até 300mm ou mais, dependendo da arquitectura da máquina e das afinações feitas nos débitos dos gases.

Este processo pode ser utilizado manualmente e através de controlos CNC. Entretanto este processo não permite obter um bom acabamento superficial e promove o aparecimento de escorrimentos de material fundido nas bordas. Normalmente é utilizado outro processo para dar o acabamento nessas superfícies, existindo excepções. [9] [10] [11]

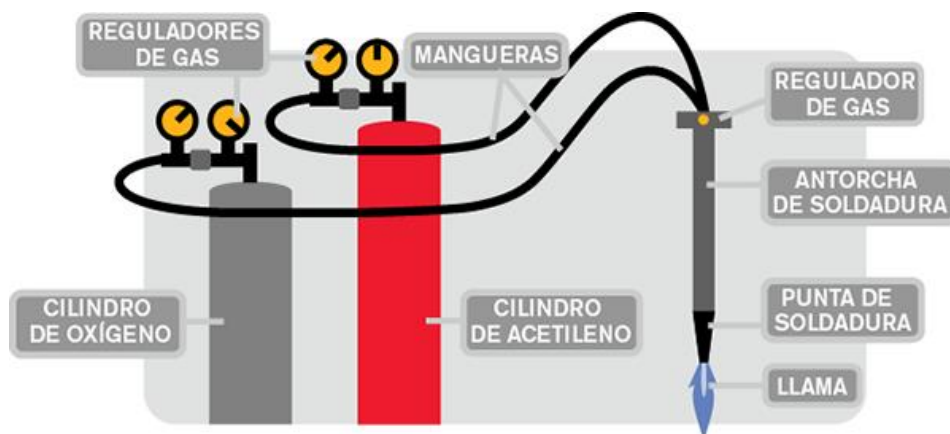


Figura 4 - Esquema de funcionamento oxicorte

## Corte por Plasma

A base em que assenta o corte por plasma é a mesma em que se baseia o corte a laser e o oxicorte, cortar o material através da fusão do mesmo. O corte por plasma utiliza um gás que através de uma corrente eléctrica é ionizado e transformado em plasma, atingindo uma temperatura por volta dos 15 000 °C. Neste caso podem ser utilizados vários tipos de gases, nomeadamente ar comprimido, nitrogénio, oxigénio, entre outros.

Os materiais que podem ser transformados através do corte por plasma são apenas materiais bons condutores eléctricos. Este processo é utilizado através de controladores CNC.

O corte neste caso não é obrigatoriamente feito na vertical, tornando assim este processo muito mais polivalente. É muitas vezes utilizado para o corte de chanfros e na preparação de juntas para soldadura, estando limitado no caso de corte de aço a uma espessura de cerca de 40mm. Por não existir formação de escória o produto obtido já se encontra no estado final de utilização, dispensando outros tipos de operações na sua superfície. [12] [13] [14]

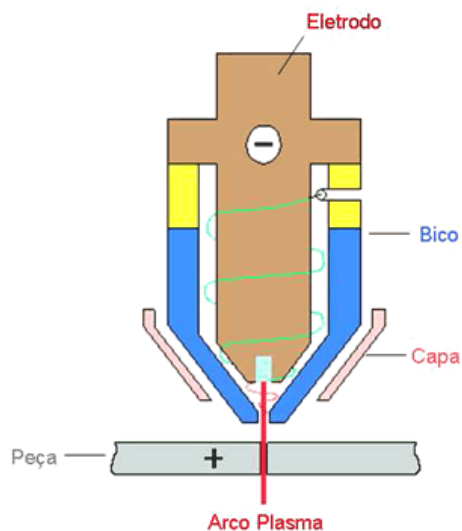


Figura 5 - Cabeça de corte por plasma

## Processos de Maquinagem

### Torneamento

Processo de maquinagem com remoção de aparas, geralmente utilizado na produção de peças de revolução. No torneamento convencional o sólido inicial é colocado a rodar segundo um eixo, depois com as ferramentas vai-se desbastando o sólido até se obter a peça final.

Os movimentos principalmente utilizados nos tornos estão exemplificados na figura 6 e são o movimento de rotação(1), movimento de avanço (2) e o movimento de penetração(3).

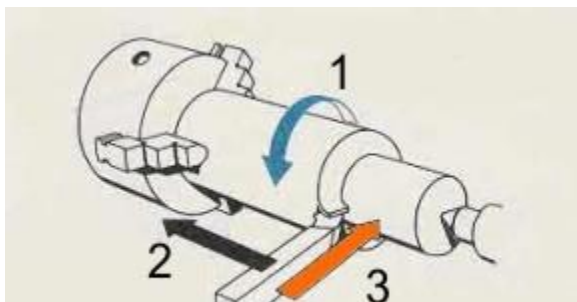


Figura 6 - Movimentos de torneamento

Com o aparecimento dos controladores cnc também os tornos passaram a ser controlados através deles, tornando a máquina mais autónoma e permitindo a existência de repetibilidade na produção de peças. Os procedimentos utilizados para obtenção de todo o tipo de peças encontram-se exemplificados na figura 7 e são o processos de facejar, torneamento de perfis e cónico, perfilar, chanfrar, sangrar, roscar, furar e recartilhar.

Neste momento os tornos mecânicos têm a possibilidade de ter ferramentas vivas, isto é, ferramentas com movimento próprio, tornando assim os tornos numa espécie de fresadora. À conta desta característica é possível produzir peças mais complexas e que necessitariam de outras máquinas para serem concluídas. Possibilita também a criação de superfícies que não sejam de revolução ou que sejam independentes do eixo de revolução da peça. [15] [16]



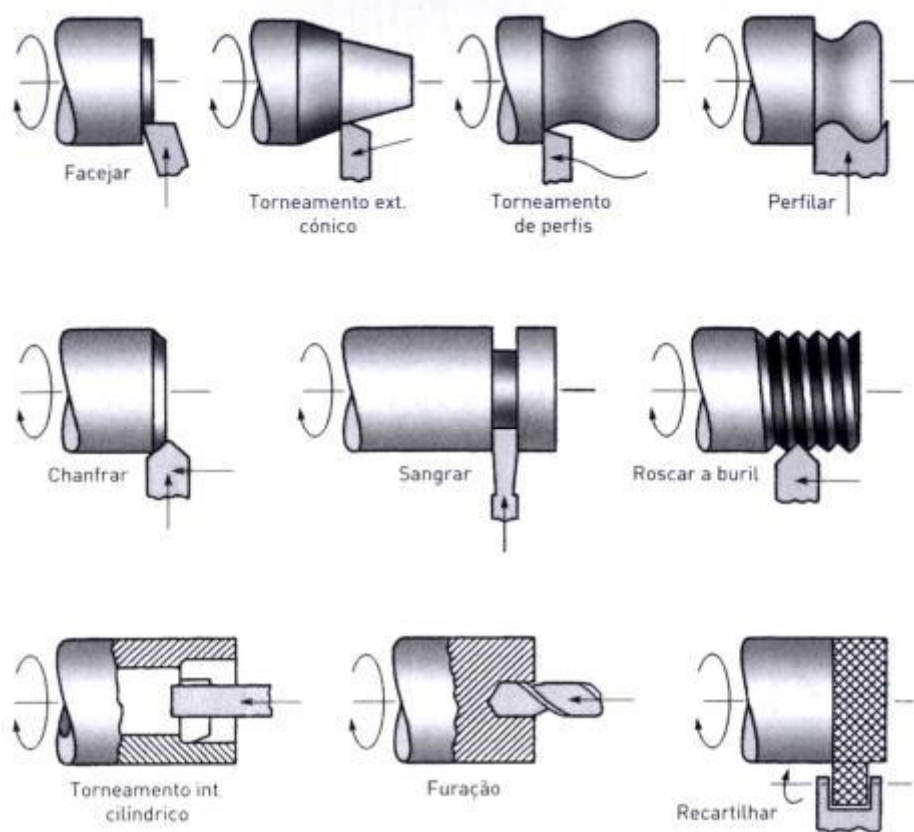


Figura 7 - Operações de torneamento

## Fresagem

Processo de maquinagem onde a ferramenta está animada de rotação e faz o arranque de aparas, removendo o material em excesso das peças. Nas fresadoras a ferramenta é que está animada de movimento de rotação e a peça encontra-se estática, sendo o oposto do torneamento.

Na fresagem existem dois tipos bem distintos, a fresagem cilíndrica ou horizontal (a) e a fresagem de topo ou vertical (b), exemplificados na figura 8. Na fresagem de topo consegue-se ter fresas com pouca altura conseguindo assim a ferramenta ter uma grande rigidez, já na fresagem cilíndrica acontece o contrário, as ferramentas são mais esguias e consequentemente menos rígidas. Este factor influencia o tempo de maquinagem, a espessura de maquinagem e o controlo dimensional.

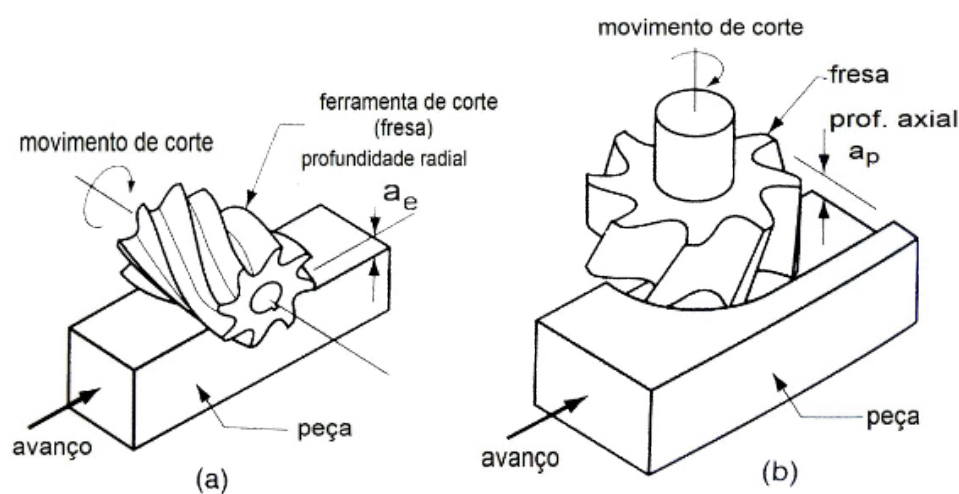


Figura 8 - Tipos de fresagem

A fresagem pode ser efectuada de duas formas, podendo ser fresagem em concordância ou a puxar e fresagem em discordância ou oposição. Na fresagem em oposição o avanço da peça é feito em oposição ao movimento da ferramenta, a ferramenta começa a extracção da aparta pela parte mais delgada, este movimento tende a levantar a peça da mesa. Já na fresagem em concordância é o oposto, a ferramenta inicia a remoção da aparta pela parte mais espessa e assim este movimento tende a apertar a peça contra a mesa. [17] [18]

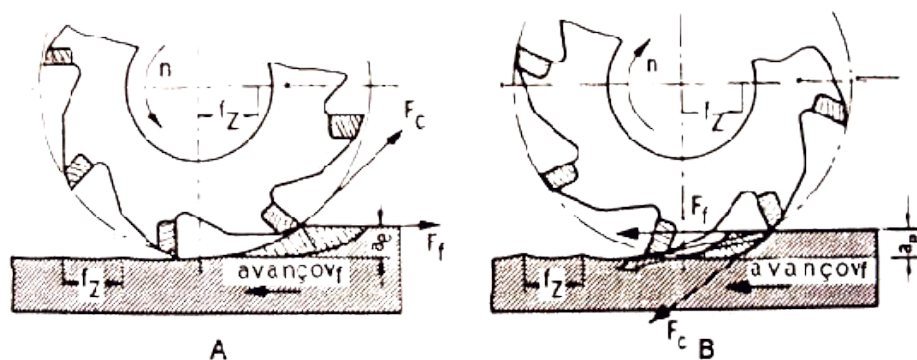


Figura 9 - Formas de fresagem

## Soldadura

Soldadura é o processo pelo qual se dá a união entre duas ou mais peças pela adição ou não de material entre elas, a união dá-se na zona de contacto entre elas. Alguns processos de soldadura são soldadura por eléctrodo revestido, soldadura MIG/MAG, soldadura TIG, arco submerso e oxiacetilénica.

### Soldadura por eléctrodo revestido

Este é o método mais comum encontrado em soldadura por ser de simples utilização. Neste tipo de soldadura o material de adição vem na forma de um eléctrodo. O eléctrodo é formado por um núcleo que é o metal de adição e no exterior do núcleo contém um revestimento que ao fundir produzirá uma atmosfera protectora para a solda.

Para se dar a fusão do eléctrodo é criado um arco eléctrico entre o eléctrodo e uma das peças a ser unida, o eléctrodo vai então sendo fundido devido ao calor produzido pelo arco eléctrico. As gotas de metal fundido vão sendo transportadas e depositas pelo arco eléctrico. O revestimento do eléctrodo funde juntamente com o

metal, criando uma atmosfera de gases protectores e também a escória, esta fica depositada na parte superior do cordão de solda protegendo-o juntamente com os gases da atmosfera envolvente.

Os aspectos negativos deste processo são uma baixa produtividade, existem cuidados especiais no armazenamento e manuseamento dos eléctrodos e por fim existe uma grande produção de gases o que é de difícil gestão em espaços confinados. Por outro lado o equipamento necessário para efectuar este tipo de soldadura é básico e de custos reduzidos e existe uma grande variedade de eléctrodos no mercado. [19] [24]

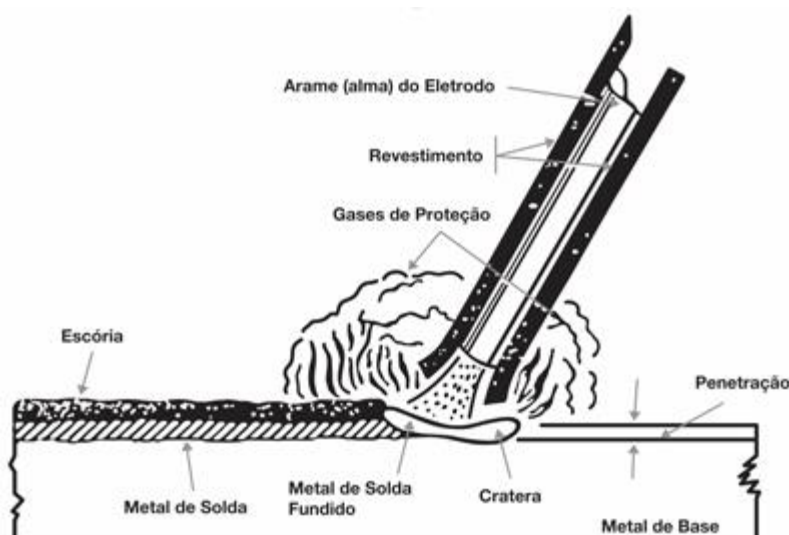


Figura 10 – Representação esquemática da soldadura por eléctrodo revestido

## MIG/MAG

A soldadura é feita através da fusão de um material de adição que neste caso é um fio continuo. Tal como a soldadura por eléctrodo revestido a soldadura MIG/MAG usa um arco eléctrico para efectuar a fusão do material de adição. Neste caso o fio é apenas constituído por um material igual ao das peças que irão ser unidas, não existindo revestimento. A protecção da soldadura e do material fundido é feita pela adição de gás, que fará uma barreira entre a soldadura e a atmosfera.

No processo MAG é utilizada uma protecção activa, sendo que o gás geralmente utilizado é o dióxido de carbono ou então é utilizada uma mistura de argon com dióxido de carbono ou com oxigénio, por vezes até é utilizada uma mistura entre os três gases. Gases inertes são utilizados na soldadura MIG, normalmente o argon ou o hélio ou então é utilizado uma mistura entre os dois.

A utilização de gases provoca a necessidade de deslocar garrafas destes gases, o que aumenta a massa a ser deslocada o que torna a mobilidade deste processo mais complicada relativamente ao processo de soldadura por eléctrodo revestido. Os custos desta soldadura são um pouco mais elevados do que a soldadura por eléctrodo revestido pois existem as despesas na compra dos gases e também é necessário um soldador com uma formação e experiência melhor para operar este processo.

Em contra partida é possível soldar todos os tipos de metais, não existe a formação de escória, com a excepção de quando é utilizado dióxido de carbono como gás de protecção. A automatização deste processo é possível devido á continua alimentação de material de adição, tornando assim um processo rápido e aumentando a sua fiabilidade. [20] [21] [24]

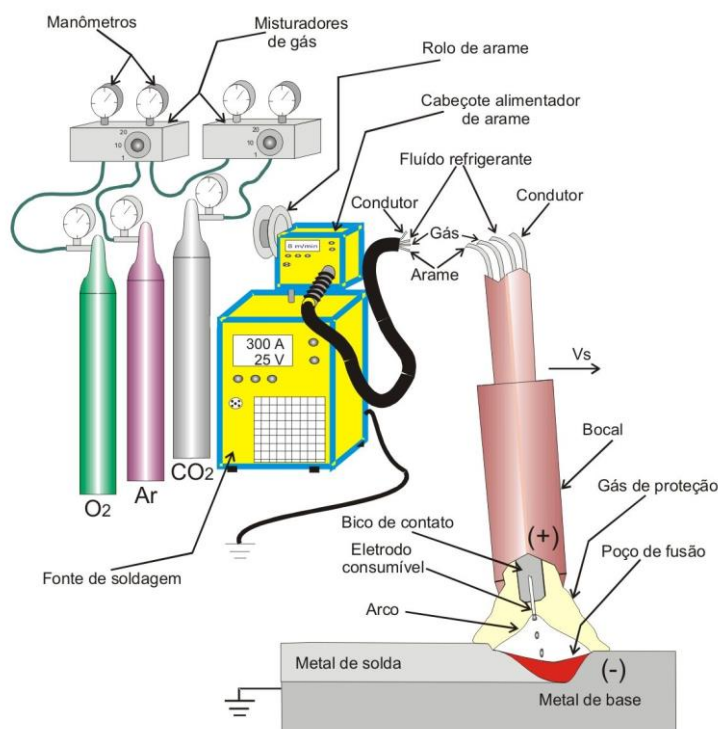


Figura 11 – Representação esquemática da soldadura Mig/Mag

## Soldadura TIG

À semelhança entre da soldadura MIG a soldadura TIG utiliza um gás inerte para fazer a protecção da soldadura e do material fundido. Para se dar a junção entre as peças a unir neste caso é necessário adicionar material, o material de adição é fornecido em pequenos varões muito idênticos aos eléctrodos utilizados na soldadura por eléctrodo revestido. Neste processo de soldadura a fusão do material de adição é feita por um arco eléctrico formado entre um eléctrodo não consumível e a peça a soldar. O material de adição vai sendo introduzido entre o eléctrodo e a peça e aí dá-se a fusão, o depósito do material fundido é feito pelo arco eléctrico.

A utilização deste tipo de soldadura é muito vasta pois pode ser utilizada com vários metais, as propriedades mecânicas da soldadura são muito boas, sendo por isso utilizado muitas vezes no sector aeronáutico. Como tem boas propriedades tende a dificultar o trabalho dos soldadores pois tem que ter uma grande precisão. Um ponto negativo para este processo é ter uma baixa produtividade e um elevado custo.

A formação de pequenas poças de fusão permite que este método possa ser utilizado em variadas posições. Já a utilização de gases de protecção dificulta a movimentação do equipamento e dificulta o trabalho em espaços confinados. [22] [24]

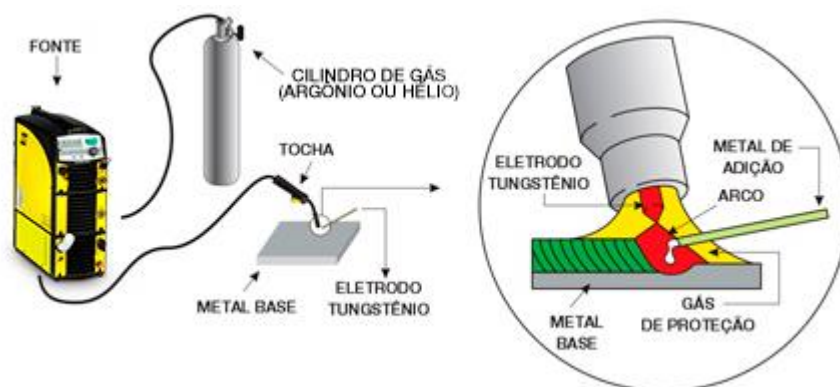


Figura 12 - Representação esquemática da soldadura TIG

## Soldadura oxiacetilénica

Como o nome indica neste tipo de soldadura existem dois gases o oxigénio e o acetileno, a combustão destes dois gases é a fonte térmica para a fusão neste processo. O maçarico de solda é onde se dá a mistura dos dois gases e é o responsável por focar a chama numa pequena área.

A soldadura pode-se dar de duas formas, pode-se utilizar ou não material de adição, quando se utiliza material de adição apenas é fundido o material de adição e este é que faz a ligação entre os componentes. Quando não é utilizado material de adição a união dá-se através da fusão dos topos de contacto entre as peças, o metal fundido das peças é que faz a união.

O equipamento necessário para efectuar esta solda é de reduzidos custos e dimensões, tornando-se um processo versátil e de fácil execução em várias posições. É um processo lento, tendo um baixo rendimento, devido á baixa taxa de depósito de material de adição é utilizado normalmente para pequenas soldaduras e em peças de pequenas espessuras. [23] [24]

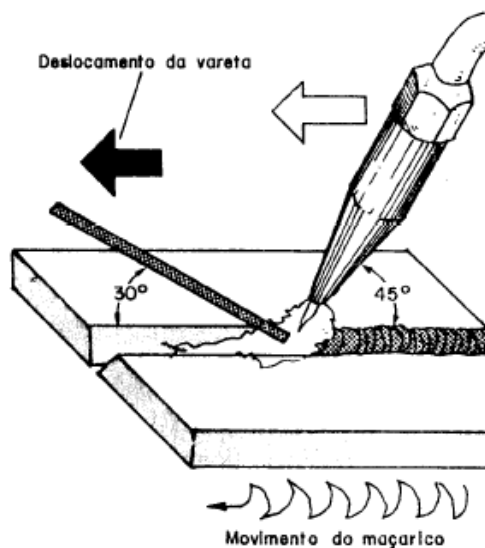


Figura 13 - Representação esquemática da soldadura oxiacetilénica

## Soldadura por Arco submerso

Em diferenciação aos outros tipos de soldadura este é um processo apenas automático não é possível ser utilizado manualmente. É um processo de soldadura com adição de material que é fundido por um arco eléctrico, o material de adição é fornecido em fio contínuo.

Dá-se a definição de arco submerso pois o arco eléctrico é formado no interior de um granulado de minerais que é aplicado ao longo de toda a soldadura aquando do avanço do eléctrodo. Esta cobertura com o granulado permite que a solda entre lentamente em contacto com a atmosfera, permite um arrefecimento mais lento do cordão de soldadura e também restringe os salpicos e os fumos libertados.

As posições de soldadura são muito reduzidas, tendo que ser quase sempre feita na horizontal por causa do depósito do granulado. O equipamento utilizado é complexo, o que acarreta um investimento inicial mais avultado e dificulta a mobilidade do mesmo. Como existe depósito de minerais, o risco de aparecimento de inclusões no interior da soldadura é elevado.

A automatização do processo e a existência de um eléctrodo contínuo permite um aumento da produtividade pois tem a capacidade de produzir um cordão de soldadura de grandes comprimentos de uma só vez. A taxa de depósito de material é elevada relativamente aos outros processos, e consegue-se obter elevadas penetrações por ser possível utilizar grandes correntes eléctricas. [24] [25]

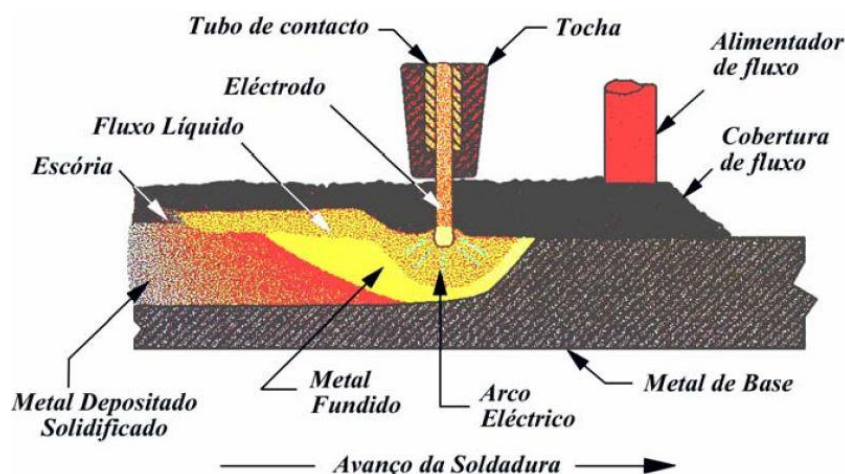


Figura 14 - Representação esquemática da soldadura por arco submerso



### 3 - Caixa multiplicadora de uma turbina eólica

#### Características principais

Hoje em dia as turbinas eólicas encontram-se em diversos locais, desde as montanhas às cidades e até no oceano. A implementação deste sistema de produção de energia eléctrica tem aumentado muito nos últimos anos, isto porque cada vez mais existe uma crescente preocupação com a conservação e manutenção do meio ambiente.

Uma turbina eólica pode-se dividir em vários componentes, sendo os principais e de maior importância para o movimento e produção de energia, as pás, o rotor das pás, o veio principal, a caixa multiplicadora e gerador eléctrico. Neste relatório apenas vai ser focado na construção do veio principal e na caixa multiplicadora. O veio principal faz o acoplamento entre o rotor das pás e a caixa multiplicadora. A caixa multiplicadora faz a multiplicação da rotação do veio principal, tendo como saída o veio de accionamento do gerador.

Os componentes trabalhados ao longo deste relatório serão abordados tendo em conta que serão constituintes de uma turbina eólica:

- Com uma potência nominal de 2.5MW;
- A frequência da energia produzida terá de ser 50Hz o que implica que o veio de accionamento do gerador tenha uma velocidade de 1500 rotações por minuto;
- O veio principal será accionado a 15 rotações por minuto;
- Os esforços aplicados no veio principal pelo rotor das pás são:
  - Esforço axial 400 KN;
  - Esforço radial 1 240 KN;
- Vida útil de 50 anos. [1]

## Solução do Tiago Leça

O projecto em que este trabalho se baseia foi produzido pelo Tiago Leça, onde fez a selecção de quais os tipos de engrenagens se utilizaria, quantos andares de multiplicação, selecção de material normalizado como rolamentos e parafusos, dimensionamento dos veios e por fim a concessão de todo o cárter.

A multiplicação da caixa irá ser dada em 3 estágios, sendo os dois primeiros estágios transmissões planetárias e o ultimo uma transmissão simples de roda-pinhão.

Propriedades do 1º estágio de multiplicação

Nº de dentes	$Z_1=24$	$Z_2=36$	$Z_3=96$
Módulo (mm)	20		
Ângulo de pressão (º)	20		
Razão de transmissão	5		
Raios primitivos (mm)	$R_1=240$	$R_2=360$	$R_3=960$
Correcção de dentado	$X_1=0.1432$	$X_2=-0.1432$	$X_3=0.1432$
Largura das rodas (mm)	320		
Entre-eixo (mm)	1200		

Tabela 1 - Propriedades iniciais do 1º estágio de multiplicação

Propriedades do 2º estágio de multiplicação

Nº de dentes	$Z_1=30$	$Z_2=90$	$Z_3=210$
Módulo (mm)	8		
Ângulo de pressão (º)	20		
Razão de transmissão	8		
Raios primitivos (mm)	$R_1=120$	$R_2=360$	$R_3=840$
Correcção de dentado	$X_1=0.23263$	$X_2=-0.23262$	$X_3=0.23262$
Largura das rodas (mm)	136		
Entre-eixo (mm)	960		

Tabela 2 - Propriedades iniciais do 2º estágio de multiplicação

Propriedades do 3º estágio de multiplicação

<b>Nº de dentes</b>	$Z_1=90$	$Z_2=36$
<b>Módulo (mm)</b>	8	
<b>Ângulo de pressão (º)</b>	20	
<b>Razão de transmissão</b>	2.5	
<b>Raios primitivos (mm)</b>	$R_1=360$	$R_2=144$
<b>Correcção de dentado</b>	$X_1=-0.18039$	$X_2=0.18039$
<b>Largura das rodas (mm)</b>	120	
<b>Entre-eixo (mm)</b>	504	

Tabela 3 - Propriedades iniciais do 3º estágio de multiplicação

O veio principal será oco e tem a sua secção transversal a variar ao longo do comprimento. A primeira secção está localizada no 1º apoio e tem como dimensões as seguintes:

- Diâmetro exterior ( $D_{ext}$ ) = 517.1 mm
- Diâmetro interior ( $D_{int}$ ) = 172.4 mm

A segunda secção que é no apoio nº2 tem:

- $D_{ext}$  = 362.6 mm
- $D_{int}$  = 120.9 mm

Os veios interiores dos planetas são os veios que fixam os planetas ao porta-satélites, estes são maciços e os diâmetros deles são:

- 1º Estágio de multiplicação  $D = 112.8$  mm
- 2º Estágio de multiplicação  $D = 52.9$  mm

O veio sol-porta-satélites é o veio que conterà o sol do 1º estágio de multiplicação e transmitirá o movimento para o porta-satélites do 2º estágio. O diâmetro mínimo deste veio é de 241.7mm.

O veio sol-roda é o veio que conterà o sol do 2º estágio de multiplicação e transmitirá o movimento para a roda do último andar de multiplicação. Neste caso o diâmetro mínimo necessário será 130.1mm.

O veio de saída que é o responsável por passar o movimento ao gerador será animado pelo pinhão e terá um diâmetro mínimo de 115.6mm.

Um dos componentes de uma caixa que intervêm no seu rendimento mecânico são os rolamentos. São também estes que apresentam uma grande susceptibilidade a avarias, por isso é de extrema importância o dimensionamento dos mesmos. Os rolamentos seleccionados pelo Tiago Leça para este projecto foram os que se encontram indicados na tabela 4.

<b>Rolamento do planeta do estágio 1</b>	SKF NUH 2344 ECMH/PEX
<b>Rolamento do planeta do estágio 2</b>	SKF NUH 2338 ECMH/PEX
<b>Rolamento para veio de saída e veio sol-roda</b>	SKF NUH 2330 ECMH
<b>1º Rolamento veio principal</b>	SKF 232/560 CA/W33
<b>2º Rolamento veio principal</b>	FAG NU 3092-K-M1A

Tabela 4 - Rolamentos escolhidos pelo Tiago

As vedações estáticas entre os vários componentes do cárter são efectuadas através de O-rings. A vedação no veio de saída e no porta-satélites do 1º estágio será feita através de vedantes radiais. Nos mancais dos rolamentos do veio principal a vedação é assegurada por vedação labirinto.

O acoplamento entre o veio de saída e o pinhão e o acoplamento entre o veio sol-roda e a roda será feito através de veio estriado. A ligação entre o veio principal e o porta-satélites do estágio 1 e a ligação entre o veio sol-porta-satélite e o porta-satélites do estágio 2 será feita por interferência. [1]

## Correcções e Alterações iniciais

Numa primeira fase deste projecto foi feita uma revisão ao projecto desenvolvido pelo Tiago Leça, confirmando alguns dimensionamentos feitos, melhorando outros e corrigindo algumas falhas.

Numa primeira fase foi analisado o desenho de conjunto e determinadas algumas alterações necessárias a fazer para o correcto funcionamento e correcta montagem da caixa.

Começando pelo veio principal detecta-se que este tem um interior oco e cónico. Ao ser oco possibilita a passagem de óleo do interior da caixa para o exterior, e permite também a passagem de impurezas do exterior para o interior da caixa. Para solucionar este problema acabei por decidir colocar uma tampa soldada no interior do veio na zona mais próxima da caixa. Na figura 15 pode-se visualizar um corte da extremidade do veio e da tampa de retenção de óleo. O cónico interior é de difícil maquinagem, verificando que as propriedades do veio não se alteravam significativamente, sugiro que o furo cónico passe a ser apenas um furo cilíndrico.

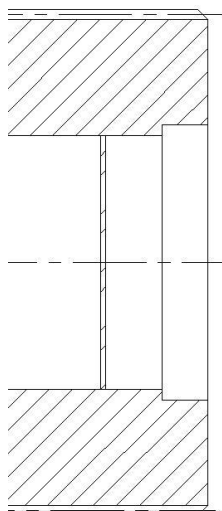


Figura 15 - Ponta do veio principal

Nos estágios de multiplicação onde são utilizadas as engrenagens planetárias, os veios que fixam os planetas ao porta-satélites são colocados em posição por pinos elásticos (peça nº 43) como se pode ver na figura 16, que é parte do desenho de conjunto apresentado pelo Tiago. Para facilitar a montagem mas principalmente a desmontagem necessária para manutenção é sugerido trocar os pinos elásticos por parafusos.

Para a centragem e fixação dos rolamentos e planetas é utilizada uma única anilha (peça nº 42 da figura 16), uma vez que esta está em contacto com a pista interior e com a pista exterior do rolamento impossibilita o movimento do sistema. A solução que apresento para resolução deste problema é utilizar uma anilha fixa ao planeta e em contacto apenas com a pista exterior do rolamento para a fixação do rolamento ao planeta. A colocação de um casquilho de um lado e a utilização de um veio com diferentes secções facilita a centragem do planeta, impossibilita que a pista interior do rolamento de desloque no veio, permite assim o movimento do planeta. Segue-se a figura 16 exemplificativa da solução apresentada. A solução adoptada foi igual nas duas transmissões planetárias, com a diferença que no primeiro estágio o planeta conta com dois rolamentos no seu interior, sendo assim terá uma anilha de cada lado para fixar os dois rolamentos.

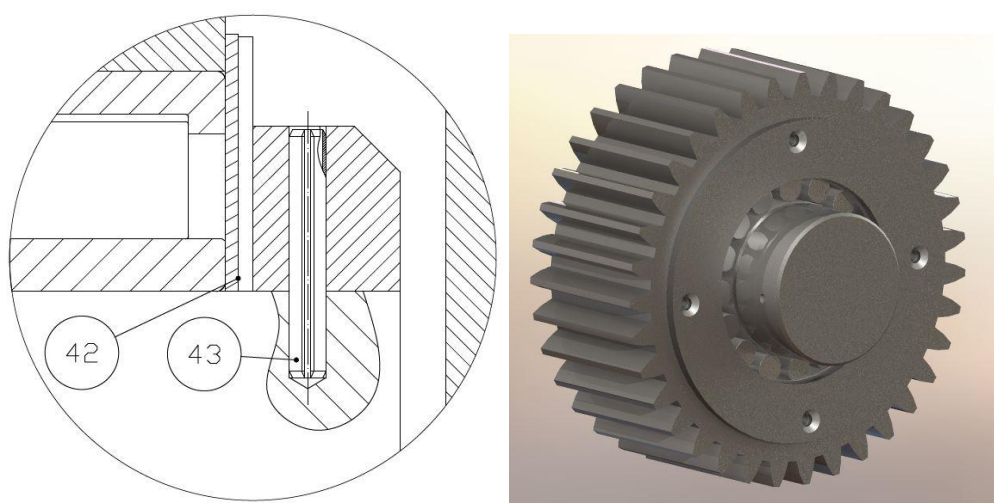


Figura 16 - Anilha em contacto com as duas pistas do rolamento (esq), nova solução (drt)

No projecto inicial o orifício central dos porta-satélites tinha dimensões inferiores às dimensões dos sois, por este motivo era impossível montar as transmissões planetárias. Para que o sol fosse colocado no interior do porta-satélites A dimensão da furação central foi aumentada, assim como outros orifícios existentes nas várias partes dos cárteres.

Também no cárter foi ligeiramente alterada a geometria na zona de contacto para que a montagem fosse mais simples. Os O-rings de vedação entre as várias peças do cárter em vez de serem montados como num veio, passaram a ser montados num furo.

Relativamente a vedações nos mancais dos rolamentos do veio principal a vedação proposta pelo Tiago foi de ser feita através de vedantes labirinto. Estes vedantes exigem várias operações de maquinagem para formar os encaixes para serem correctamente posicionados. A sugestão é existir a troca destes por vedantes radiais, mais simples de montar e com um processo simples de maquinagem para formar a caixa onde assentam. Os vedantes seleccionados são vedantes segundo a norma DIN 3761.

No projecto inicial são utilizados dois tipos de óleo para a lubrificação das engrenagens, para facilitar a manutenção e simplificar o projecto penso que o ideal seria que todas as engrenagens fossem lubrificadas com o mesmo óleo. Daí quando foi dimensionar as engrenagens já tive isso em conta, e foram dimensionadas para a utilização do mesmo óleo. Para a manutenção é necessária uma forma de colocar e retirar o óleo portando existe a necessidade de existir um bujão para a remoção do óleo usado e outro para a introdução do novo óleo. Foi colocado um bujão na parte inferior para a remoção do óleo e outro na lateral na altura a que o óleo deve de se encontrar, funcionando este como bujão para introduzir o óleo e para verificar o nível do óleo. Nas várias paredes internas do cárter foram abertas ranhuras para a circulação do lubrificante por toda a caixa o que não acontecia anteriormente.

Um pormenor que não se consegue decifrar através dos desenhos nem está descrito no projecto do Tiago é como se dá a fixação do veio sol-porta-satélites. A solução que adoptei foi este veio ser apoiado em rolamentos entre o veio principal e o

veio sol-roda. Sendo assim os esforços nesse veio passam a ser suportados pelos outros 2 veios. Para simplificar e ser de mais fácil segue-se uma imagem exemplificativa da situação descrita (figura 17).

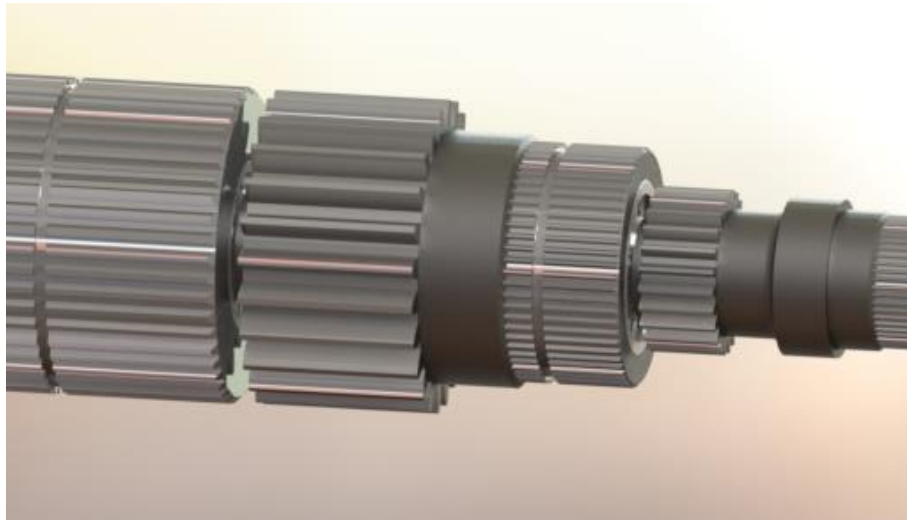


Figura 17 - Sistema de apoio do veio sol-porta-satélites

No veio que contem o sol do estágio 2 de multiplicação e a roda do estágio 3 de multiplicação e o veio de saída estavam impossibilitados de rodar e não se encontravam com uma posição definida. Pela análise da figura 18 pode-se concluir que os rolamentos que se encontram no interior do rectângulo laranja não podem rodar por terem a pista interior e exterior em contacto com a parede do cárter. Os veios têm uma secção uniforme, o que permite que estes possam ter movimento axial, desalinhando as engrenagens e chocando com as paredes aquando do accionamento. A solução adoptada neste caso foi alterar a geometria das caixas dos rolamentos e trocar os veios por veios com diferentes secções ao longo do comprimento.



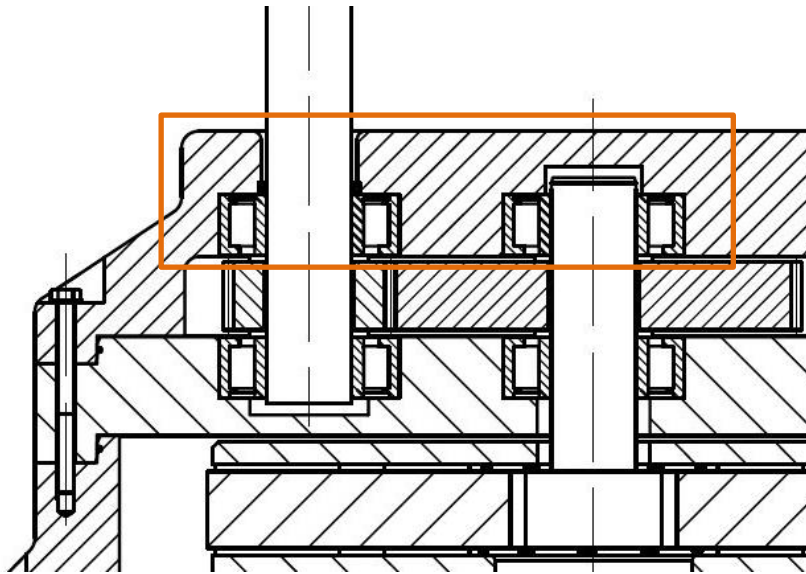


Figura 18 - representação do veio sol-roda e do veio de saída

Ainda no veio principal também este tinha o movimento axial impedido por ter secções exteriores variáveis o que fazia com que estas colidissem com os vedantes das caixas dos rolamentos. Situação que provocaria um grande desgaste precoce dos vedantes e começaria a existir folgas cada vez maiores. Neste caso as secções exteriores do veio foram alteradas e a geometria das caixas dos rolamentos também de forma a permitir que o movimento axial ficasse impedido pela colisão entre o veio e a pista inferior do rolamento.

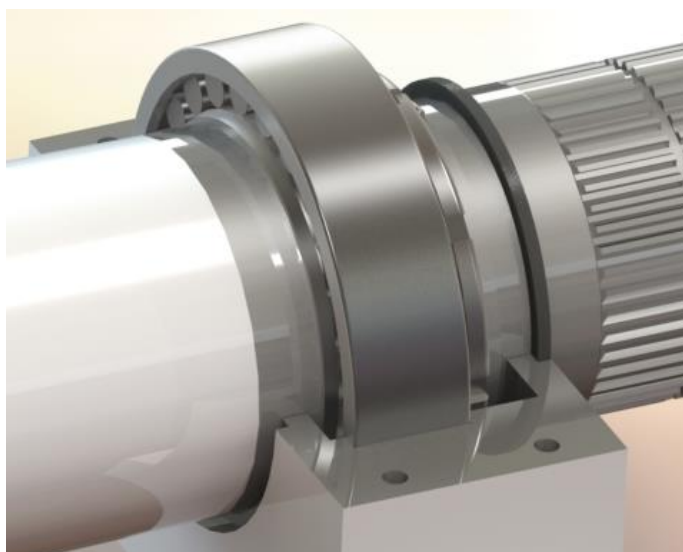


Figura 19 - Apoio do veio principal

Por fim os acoplamentos entre os veios e os porta-satélites estavam dimensionados para serem feitos por interferência. Devido às dimensões das peças envolvidas, à complexidade do processo de montagem, em caso de manutenção a desmontagem e a remontagem seria de extrema complexidade. A melhor solução pode passar por existir um acoplamento com estrias, sendo assim facilitando a montagem e desmontagem das peças em questão.

### Dimensionamento de alguns componentes mecânicos

Tendo efectuado as alterações iniciais sugeridas o seguinte passo foi confirmar os dimensionamentos das engrenagens, veios e rolamentos. O dimensionamento e a optimização das engrenagens e o dimensionamento dos veios e rolamentos foram feitos através do software KISSsoft. Os resultados obtidos para o primeiro andar de multiplicação estão resumidos na tabela 5.

Nº de dentes	$Z_1=24$	$Z_2=35$	$Z_3=96$
Módulo (mm)	19		
Ângulo de pressão (º)	20		
Razão de transmissão	5		
Raios primitivos (mm)	$R_1=228$	$R_2=332.5$	$R_3=912$
Adendo (mm)	$A_1=20.6$	$A_2=31.6$	$A_3=8.2$
Dedendo (mm)	$D_1=20.6$	$D_2=9.7$	$D_3=34.6$
Largura das rodas (mm)	280		
Entre-eixo (mm)	1152.4		

Tabela 5 - Propriedades finais do 1º estágio de multiplicação

Em comparação com o resultado obtido pelo Tiago, a optimização em KISSsoft permitiu a redução da dimensão das engrenagens deste primeiro estágio de multiplicação. Quanto mais reduzidas as dimensões mais compacta será a caixa e menor será o custo da matéria-prima para a produzir.

No segundo andar de multiplicação em termos dimensionais não existiu uma grande alteração. A mudança mais significativa efectuada foi a alteração do módulo de 8 para 10. A tabela 6 resume os resultados obtidos.

Nº de dentes	$Z_1=24$	$Z_2=70$	$Z_3=168$
Módulo (mm)	10		
Ângulo de pressão (º)	20		
Razão de transmissão	8		
Raios primitivos (mm)	$R_1=120$	$R_2=350$	$R_3=840$
Adendo (mm)	$A_1=11.2$	$A_2=17.9$	$A_3=10.7$
Dedendo (mm)	$D_1=10.6$	$D_2=3.9$	$D_3=11.8$
Largura das rodas (mm)	120		
Entre-eixo (mm)	959.6		

Tabela 6 - Propriedades finais do 2º estágio de multiplicação

No último andar de multiplicação a solução obtida foi igual á solução obtida pelo Tiago, concluindo assim que a solução apresentada por ele já era a solução optimizada para este caso.

Nº de dentes	$Z_1=90$	$Z_2=36$
Módulo (mm)	8	
Ângulo de pressão (º)	20	
Razão de transmissão	2.5	
Raios primitivos (mm)	$R_1=360$	$R_2=144$
Adendo (mm)	$A_1=6.6$	$A_2=9.4$
Dedendo (mm)	$D_1=11.4$	$D_2=8.6$
Largura das rodas (mm)	120	
Entre-eixo (mm)	504	

Tabela 7 - Propriedades finais do 3º estágio de multiplicação

Terminado o dimensionamento das engrenagens pode-se prosseguir para o dimensionamento dos veios e dos rolamentos. Este processo foi um processo iterativo pois por vezes os veios apenas necessitavam de ter uma determinada dimensão, mas quando se procedia para a escolha dos rolamentos para esse veio não existiam com a dimensão pretendida, ou a vida útil segundo aquelas cargas aplicadas seria muito reduzida. Os rolamentos foram seleccionados para ter uma vida útil que correspondesse pelo menos a metade da vida útil da caixa multiplicadora. Sem comprometer a segurança dos veios e a vida útil dos rolamentos concluiu-se que os rolamentos a utilizar eram os apresentados na tabela 8.

<b>Veio</b>	<b>Modelo</b>	<b>Dimensões (mm)</b>
<b>Principal</b>	Koyo 453/630	630/1030x315
	Koyo 452/530	530/780x185
<b>Sol-porta-satélites</b>	SKF NUP 230 ECM	150/270x45
	SKF NUP 2326 ECML	130/280x93
<b>Sol-roda</b>	SKF NUP 244 ECML	220/400x65
	Koyo NUP 338	190/400x78
<b>Saída</b>	2x SKF NUP 2328 ECML	140/300x118
<b>Planetas estágio 1</b>	2x SKF NUP 244 ECML	220/400x65
<b>Planetas estágio 2</b>	Koyo NUP 2234	170/310x86

Tabela 8 - Rolamentos necessários para a caixa

A opção de utilizar rolamentos de dois fabricantes distintos prende-se com a relação existente entre as dimensões e a vida útil do rolamento. No veio principal foram seleccionados rolamentos da Koyo pois para a mesma dimensão tinham vida útil mais elevada. Já no veio dos planetas do estágio de multiplicação 2 foi seleccionado da Koyo pois para as mesmas dimensões do anel interno e externo tem uma largura superior.

No veio principal foram utilizados rolamentos de rolos com dupla fila com eixos cruzados, por serem os mais indicados para absorver forças radiais e axiais ao mesmo tempo, também tem flexibilidade para lidarem com pequenas rotações devido a flexas do veio. Nos restantes veios foram utilizados rolamentos do tipo NUP por apenas existir esforços radiais, os esforços axiais são residuais. Esta configuração de rolamento tem o benefício de que providencia a localização axial do veio.

Pela dimensão do diâmetro interno dos rolamentos consegue-se ter uma noção das dimensões dos veios em algumas secções. Para que o texto não seja extenso e como é pouco perceptível colocar essa informação por escrito, as dimensões dos veios nomeadamente diâmetros e comprimentos encontram-se especificadas na secção destinada aos desenhos de definição, presente mais adiante neste relatório.

Para concluir os dimensionamentos falta o dimensionamento dos estriados nos veios para substituir a montagem por interferência anteriormente existente. Os estriados foram dimensionados e seleccionados através da norma DIN 5480 obtendo os resultados para os diferentes veios. Simultaneamente é obtido também as dimensões do estriado dos cubos que irão encaixar nos veios. [27] [28] [31] [32]

	<b>Veios</b>	<b>Principal</b>	<b>Sol-porta-satélites</b>	<b>Sol-roda</b>	<b>Saída</b>
<b>Informação básica</b>	Diâmetro de referência (mm)	500.0	380.0	210.0	170.0
	Módulo	10.0	6.0	4.0	8.0
	Nº de dentes	48	62	51	20
	Diâmetro da base (mm)	415.7	322.2	176.7	130.6
<b>Dimensões nominais</b>	Adendo do veio ( $x_1 \cdot m$ )	4.5	0.7	0.8	0.6
	Espessura do dente (mm)	20.9	10.2	7.2	13.3
<b>Diâmetros do cubo</b>	Diâmetro da raiz (mm)	500.0	380	210.0	170
	Desvio do diâmetro da raiz (mm)	2.2	1.4	1.0	1.8
	Diâmetro do topo (mm)	480.0	368.0	202.0	154
<b>Diâmetros do veio</b>	Diâmetro do topo (mm)	498.0	378.8	209.2	168.4
	Diâmetro da raiz (mm)	478.0	366.8	201.2	152.4
	Desvio do diâmetro da raiz (mm)	-2.8	-1.9	-1.4	-2.2

Tabela 9 - Dimensões dos estriados dos veios e cubos

## Toleranciamento

A produção de um mecanismo ou de um componente tem que cumprir alguns requisitos dimensionais. Seja qual for a área, um determinado objecto só desempenha a função para a qual foi concebido caso a sua forma e a sua dimensão sejam as pretendidas. Existe uma gama onde os valores podem variar sem provocar significativas alterações no seu desempenho. A definição dos valores dos desvios admissíveis na forma e na dimensão é denominada tolerância.

Durante a projecção dos vários componentes da caixa multiplicadora foi necessário definir quais as tolerâncias necessárias para que cada componente pudesse no final desempenhar a sua função correctamente. A principal norma utilizada para o toleranciamento das dimensões e formas dos componentes foi a norma ISO 8015, que por sua vez remete para a utilização de outras normas. Estas tolerâncias e normas apenas são aplicadas aos componentes projectados, os elementos normalizados já se encontram toleranciados pelos seus fabricantes.

Para os materiais normalizados, para além dimensões e especificações, também são indicadas as condições de acondicionamento de cada componente. Para os rolamentos mediante as dimensões que tem, ao tipo de movimento e mediante as cargas que são aplicadas, os veios e os furos onde estarão alojados, tem uma determinada tolerância, que neste caso é-nos indicada pelo fabricante. Assim como o acabamento superficial necessário para o correcto alojamento.

A tolerância geométrica dos veios é então dada pelo fabricante de rolamentos SKF da seguinte forma: [28]

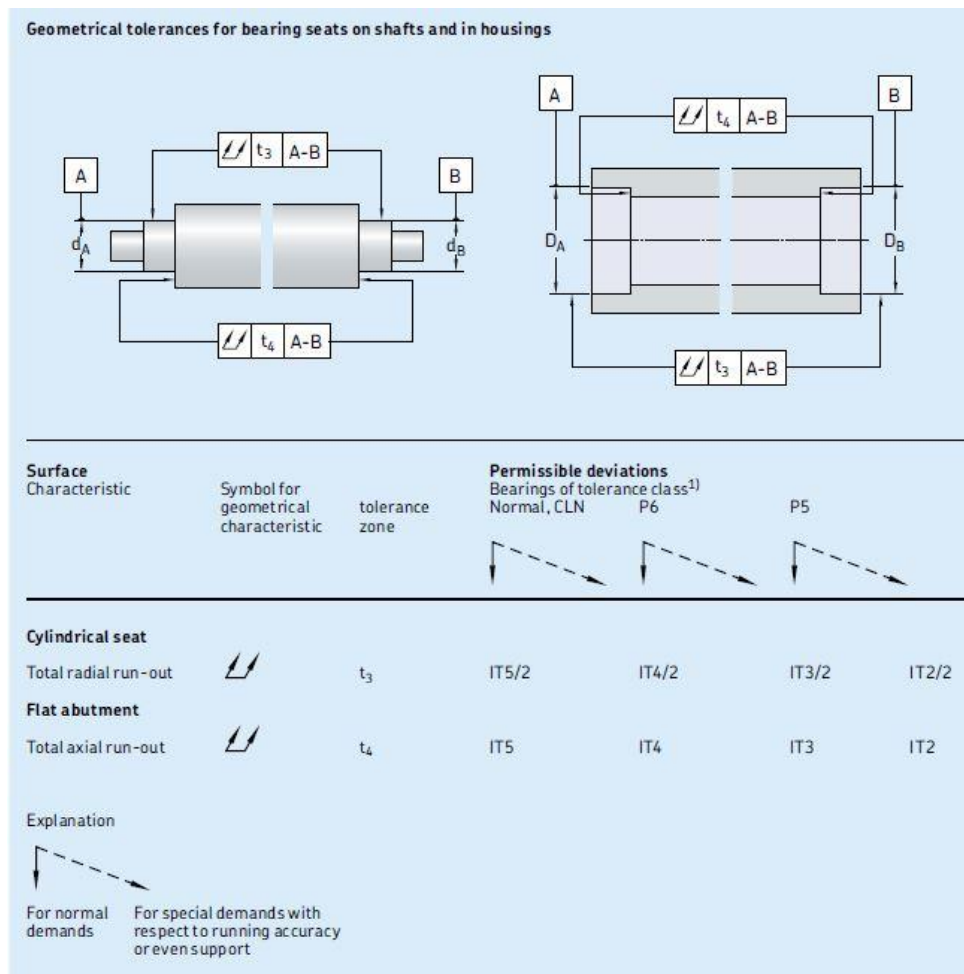


Figura 20 - Tolerância geométrica dos veios segundo a SKF

Quando se monta um rolamento num veio ou num furo existirá um ajuste entre a pista interior e o veio e entre a pista exterior e o furo. O ajuste existente na pista interior pode ser diferente do ajuste da pista exterior. O acoplamento pode ser feito com folga ou por interferência. Segue na figura 21 as recomendações do fabricante para os ajustes mediante as condições de carga a que o rolamento está sujeito. [28]




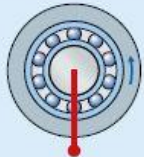

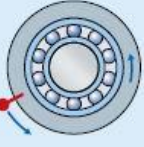
Conditions of rotation and loading				
Operating conditions	Schematic illustration	Load condition	Example	Recommended fits
Rotating inner ring Stationary outer ring Constant load direction		Rotating load on the inner ring Stationary load on the outer ring	Belt driven shafts	Interference fit for the inner ring Loose fit for the outer ring possible
Stationary inner ring Rotating outer ring Constant load direction		Stationary load on the inner ring Rotating load on the outer ring	Conveyor idlers Car wheel hub bearings	Loose fit for the inner ring possible Interference fit for the outer ring
Rotating inner ring Stationary outer ring Load rotates with the inner ring		Stationary load on the inner ring Rotating load on the outer ring	Vibratory applications Vibrating screens or motors	Interference fit for the outer ring Loose fit for the inner ring possible
Stationary inner ring Rotating outer ring Load rotates with the outer ring		Rotating load on the inner ring Stationary load on the outer ring	Gyratory crusher (Merry-go-round drivers)	Interference fit for the inner ring Loose fit for the outer ring possible

Figura 21 - Ajustes recomendados em função do tipo de carga

Na consulta do anexo A pode-se encontrar as tabelas onde mediante as dimensões do veio é dada a tolerância do diâmetro do veio. Faz parte dos anexos também uma tabela com a tolerância do diâmetro do furo em função das condições de carga do rolamento.

Uma característica influente nos ajustes e tolerâncias dimensionais é o acabamento superficial dos veios e furos onde são alojados os rolamentos. As recomendações do fabricante para a rugosidade dos veios está descrito na figura 22. [28]

Surface roughness of bearing seats				
Seat diameter		Recommended Ra value for ground seats		
d (D) <sup>1)</sup>		Diameter tolerance grade		
over	incl.	IT7	IT6	IT5
mm		μm		
–	80	1,6	0,8	0,4
80	500	1,6	1,6	0,8
500	1 250	3,2 <sup>2)</sup>	1,6	1,6

Figura 22 - Rugosidade superficial para alojamento dos rolamentos

O que acontece com os rolamentos acontece também para os vedantes sejam eles estáticos, O-rings, dinâmicos, ou vedantes radiais. As informações sobre o local de alojamento, veio, acabamento superficial, são todas indicadas pelo fabricante. São fornecidas informações sobre as formas e tolerâncias dimensionais dos alojamentos.

Nesta caixa multiplicadora os O-rings vão ser montados de duas formas distintas. Em seguida apresenta-se os esquemas de montagem recomendados pelo fornecedor assim como as tolerâncias geométricas e acabamentos superficiais. [30]

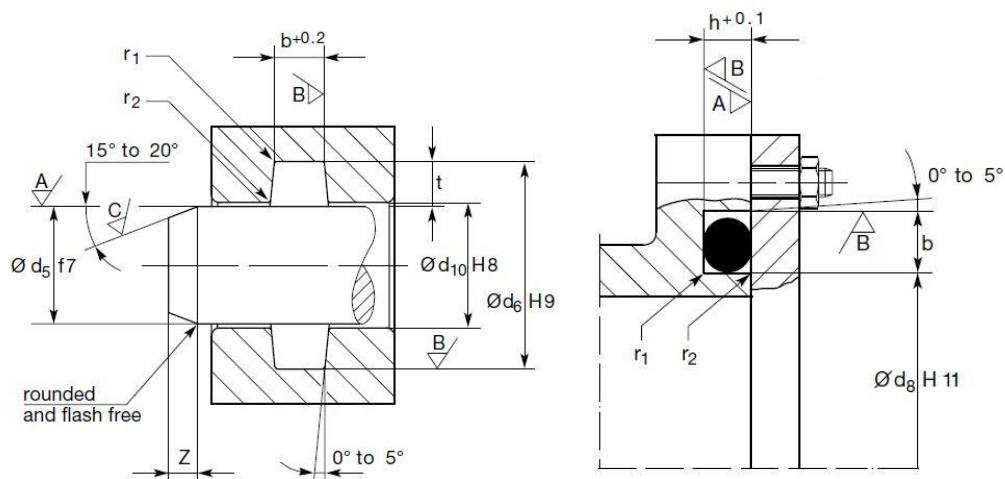


Figura 23 – Formas de montagem de O-rings

Mediante o diâmetro da secção transversal do O-ring ( $d_2$ ) a geometria dos alojamentos varia. Os valores indicados para as dimensões do alojamento e para o acabamento superficial são indicadas nas figuras 24, 25 e 26, são dados fornecidos pelo fabricante. [30]

$d_2$	$h^{+0.1}$	$b^{+0.2}$	$r_1$	$r_2$
9.00	7.70	11.7	0.8 - 1.2	0.2 - 0.4
10.00	8.70	13.0	0.8 - 1.2	0.2 - 0.4
12.00	10.60	15.6	0.8 - 1.2	0.2 - 0.4

Figura 24 - Dimensões para a primeira forma de montagem dos O-rings

$d_2$	$t^{(1)}$	$b^{+0.2}$	$z$	$r_1$	$r_2$
9.00	7.70	11.7	4.5	0.8 - 1.2	0.1 - 0.3
10.00	8.70	13.0	4.5	0.8 - 1.2	0.1 - 0.3
12.00	10.60	15.6	4.5	0.8 - 1.2	0.1 - 0.3

Figura 25 - Dimensões para a segunda forma de montagem dos O-rings

Surface	Pressure	Surface roughness in $\mu m$ , load area $t_p > 50\%$	
		$R_a$	$R_{max}$
A Contact area	non-pulsating	1.6	6.3
A Contact area	pulsating	0.8	3.2
B Gland diameter and sides	non-pulsating	3.2	12.5
B Gland diameter and sides	pulsating	1.6	6.3
C Surface finish of leading edge chamfer		3.2	12.5

Figura 26 - Rugosidade superficial para alojamento dos O-rings

O fabricante de vedantes radiais tem no seu catálogo toda a informação sobre o alojamento e acabamentos superficiais necessários para o correcto alojamento e correcto funcionamento dos seus vedantes. Na figura 27 e 28 segue a informação disponibilizada pelo fabricante. [29]

$\varnothing d$	S (Profile)	L	a
200 ... 450	20	20	4
	22	20	4
>450 ... 750	22	22	4
	25	22	4
>750	25	25	5
	30	25	5
	32	25	5

#### Lead-in chamfer

$\varnothing d$	c
<200	8
>200 ... 500	10
>500 ... 800	13
>800 ... 1200	16
>1200	20

Figura 27 - Dimensões para o alojamento dos vedantes radiais

#### Surface quality

Peak-to-valley heights	$R_a$	$R_{max}$
Running surface	$\leq 0,6 \mu m$	$\leq 2,5 \mu m$
Housing	$\leq 4,0 \mu m$	$\leq 15,0 \mu m$

Figura 28 - Rugosidade superficial para alojamento dos vedantes radiais

A informação disponibilizada pelos fabricantes é de elevada importância pois sem ela poderia não ser assegurado o correcto funcionamento dos elementos, e certamente reduzindo a sua vida útil.

## Modificações de design

Com o avançar do projecto surgiu a questão de que alguns aspectos estéticos de algumas peças não normalizadas eram apelativos, mas de difícil maquinagem e sem qualquer propósito funcional. Daí foi decidido alterar alguns aspectos estéticos para posteriormente reduzir tempos de maquinagem e custos de produção das peças em questão.

Uma das primeiras alterações que foi concretizada foi nas caixas dos rolamentos do veio principal. Esteticamente é apelativo ter cantos arredondados e rebordos no local onde vão encaixar os vedantes, no entanto são de difícil e demorada maquinagem, por esse motivo foram removidos uns e outros. Na caixa 1 existia também paredes com uma ligeira inclinação, estas foram substituídas por paredes verticais, pelo motivo referido anteriormente. Nas figuras 29 e 30 pode ser visto um antes e depois das alterações.

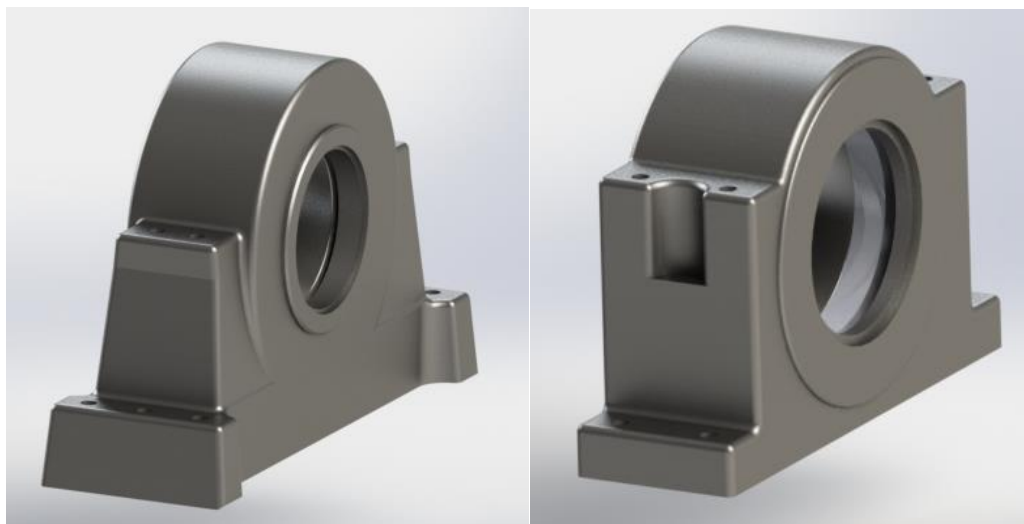


Figura 29 - Design inicial das caixas dos rolamentos caixa 1 (esq) caixa 2 (drt)

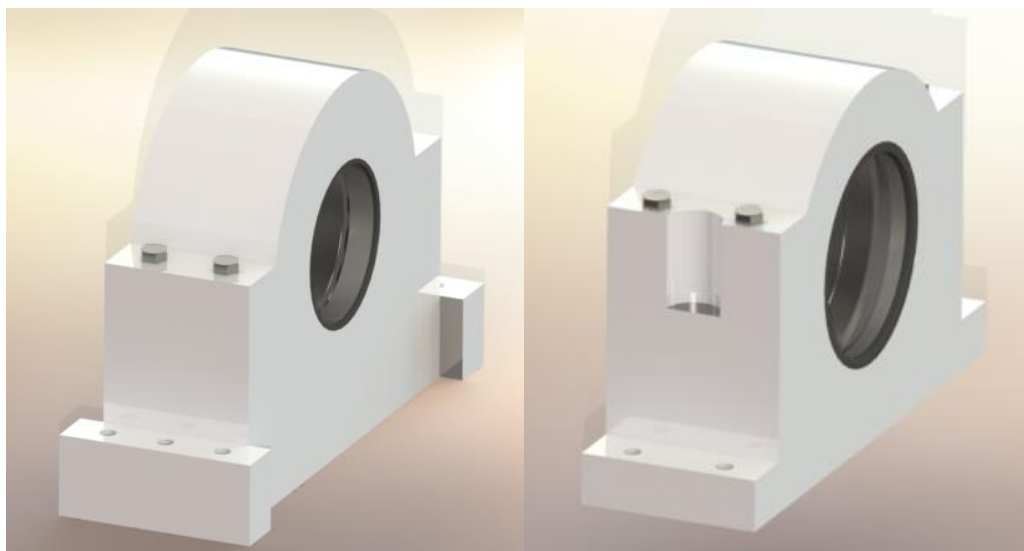


Figura 30 - Design final das caixas dos rolamentos caixa 1 (esq) caixa 2 (drt)

O cárter do primeiro estágio de multiplicação tem dois tipos de orelhas de transporte, que como o nome indica a sua função é efetuar o transporte da caixa multiplicadora, e orelhas de alinhamento, que tem como função alinhar a caixa com os restantes componentes da turbina eólica. Ambas orelhas tinham os seus cantos arredondados com um determinado raio de concordância, o processo de maquinagem de cantos arredondados como dito anteriormente é de difícil fabrico. As orelhas de alinhamento tinham também um rebaixo na parte central que foi eliminado. Como estas características não tinham influência funcional foram removidas, conseguindo assim excluir os processos de maquinagem para estes componentes. Estas peças conseguem ser concluídas apenas através do processo de corte, tornando-se muito mais rápido e simples a sua produção.

A orelha de transporte presente no cárter nº3 sofreu a mesma alteração efectuada á do cárter do estágio 1. A figura 31 exemplifica as transformações.

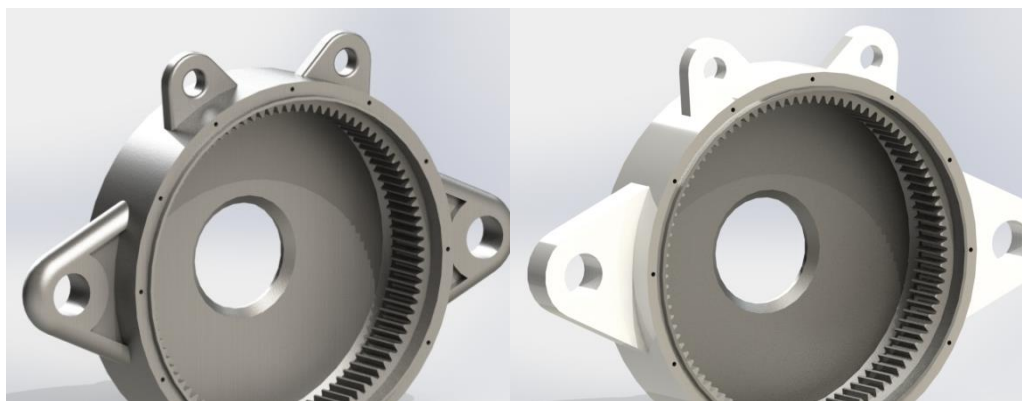


Figura 31 - Carter 1, design inicial (esq) e final (drt)

O último componente do cárter é a tampa, que inicialmente foi concebida como uma peça única. Com o avançar do projecto verificou-se que para formar a tampa tal como estava projectada iria ser desperdiçada muita matéria-prima e o tempo de maquinagem necessário seria enorme. Portanto foi optado por se dividir a tampa em duas peças distintas, o anel do cárter tampa e o fundo do cárter tampa. Na figura 32 temos à esquerda está uma vista antes da alteração, à direita encontra-se o produto final.

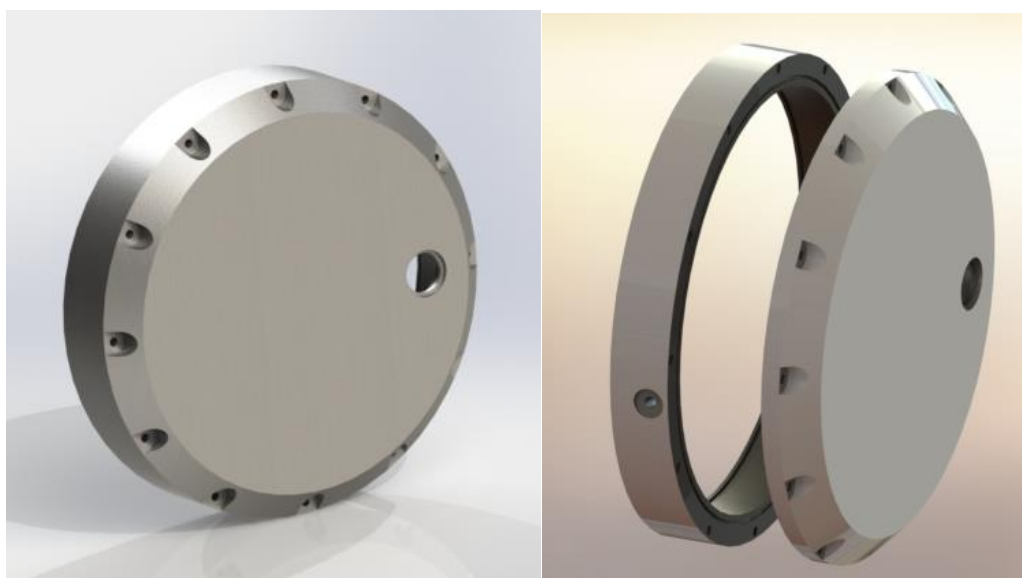


Figura 32 - Carter tampa (esq), anel e fundo do cárter tampa (drt)

## Referenciação das peças não normalizadas

Devido à existência de um elevado número de peças não normalizadas e por a sua designação ser muito extensa foi criado um sistema de referenciamento das peças. A cada peça foi atribuído um código, o qual indica o projecto a que pertence, a que secção pertence e finalmente qual é o componente individual. Este sistema de referenciação foi criado para facilitar o tratamento das peças durante a sua produção e facilitar a comunicação entre todos os intervenientes que necessitem comunicar algo sobre algum determinado componente.

Projecto	Sector	Peça	Subpeças	
CM	VC	V (1)	PL1	Veio
			PL2	Tampa de óleo
		C1B (2)	PL1	Corpo da base da caixa 1
			PL2	Aba de fixação da base da caixa 1
		C1T (3)	PL1	Corpo da tampa da caixa 1
			PL2	Aba de fixação da tampa da caixa 1
		C2B (4)	PL1	Corpo da base da caixa 2
			PL2	Aba de fixação da base da caixa 2
		C2T (5)	PL1	Corpo da tampa da caixa 2
			PL2	Aba de fixação da tampa da caixa 2
	E1	C (6)	PL1	Anel com dentado interior cárter 1
			PL2	Fundo cárter 1
			PL3	Orelha de alinhamento
			PL4	Orelha de transporte cárter 1
			PL5	Base cárter 1
		PS (7)	PL1	Cubo porta satélites 1
			PL2	Parede traseira porta satélites 1
			PL3	Parede frontal porta satélites 1
			PL4	Espaçador paredes porta satélites 1
		P (8)	Planeta do estágio 1	



		VP (9)	Veio do planeta do estágio 1	
		VS (10)	Veio sol do estágio 1 – porta satélites 2	
		A (11)	Anilha do planeta do estágio 1	
		CQ (12)	Casquilho do estágio 1	
	E2	C (13)	PL1	Anel com dentado interior cárter 2
			PL2	Fundo cárter 2
		PS (14)	PL1	Cubo porta satélites 2
			PL2	Parede traseira porta satélites 2
			PL3	Parede frontal porta satélites 2
			PL4	Espaçador paredes porta satélites 2
		P (15)	Planeta do estágio 2	
		VP (16)	Veio do planeta do estágio 2	
		VS (17)	Veio sol do estágio 2 – roda dentada	
		A (18)	Anilha do planeta do estágio 2	
		CQ (19)	Casquilho do estágio 2	
	E3	C (20)	PL1	Corpo cárter 3
			PL2	Orelha de transporte cárter 3
			PL3	Base cárter 3
		AT (21)	Anel da tampa do cárter	
		T (22)	Fundo da tampa do cárter	
		R (23)	Roda dentada	
		PI (24)	Pinhão	
		VPI (25)	Veio do pinhão	
		CQR (26)	Casquilho da roda dentada	
		CQPI (27)	Casquilho do pinhão	

Tabela 10 - Referências das peças não normalizadas

**Nomenclatura:**

CM – Caixa multiplicadora de uma turbina eólica

VC – Veio principal e caixas de rolamentos

E1 – Estágio de multiplicação nº1

E2 – Estágio de multiplicação nº2

E3 – Estágio de multiplicação nº3

V – Veio principal

C1B – Base da caixa de rolamentos 1

C1T – Tampa da caixa de rolamentos 1

C2B – Base da caixa de rolamentos 2

C2T – Tampa da caixa de rolamentos 2

C – Cáster

PS – Porta satélites

Exemplo de leitura da referência de uma peça:

CME2VP (9) – Veio do planeta do estágio de multiplicação nº2 da caixa multiplicadora de uma turbina eólica.

A numeração entre parênteses tem a função de identificar cada componente para posteriormente ser mais fácil de referir cada peça. Nas figuras 33, 34 e 35 pode-se ver a identificação de cada componente.

Com a existência de peças de difícil execução como por exemplo o cárter do estágio de multiplicação 1, peça nº6, o seu fabrico teve de ser dividido em várias peças que posteriormente foram montadas. Neste exemplo o cárter 1 passa a ser constituído por 5 peças individuais em vez de ser produzido a partir de apenas uma. O cárter do estágio 1 foi dividido então no PL1 (anel com dentado interior), PL2 (Fundo), PL3 (orelha de alinhamento), PL4 (orelha de transporte) e PL5 (Base). Como acontece ao cárter 1 acontece também a outras peças, como se pode ver na tabela que foi apresentada anteriormente.

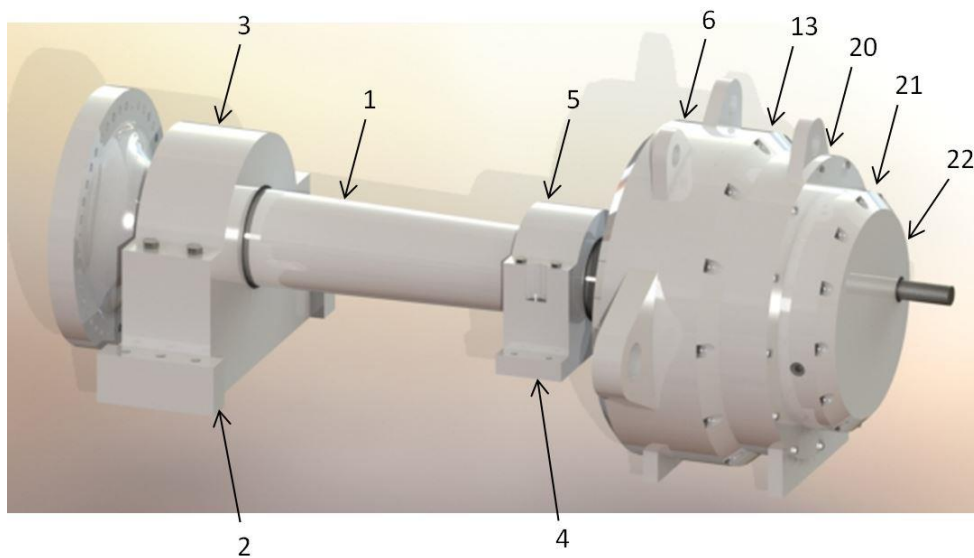


Figura 33 - Identificação dos componentes exteriores da caixa

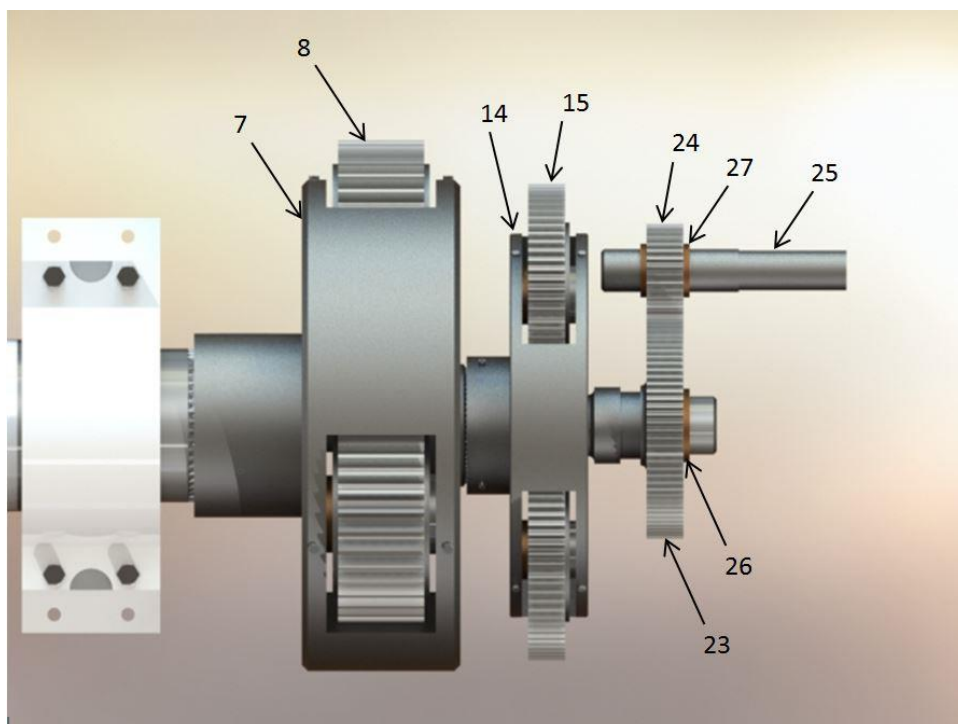


Figura 34 - Identificação dos componentes internos da caixa (1)

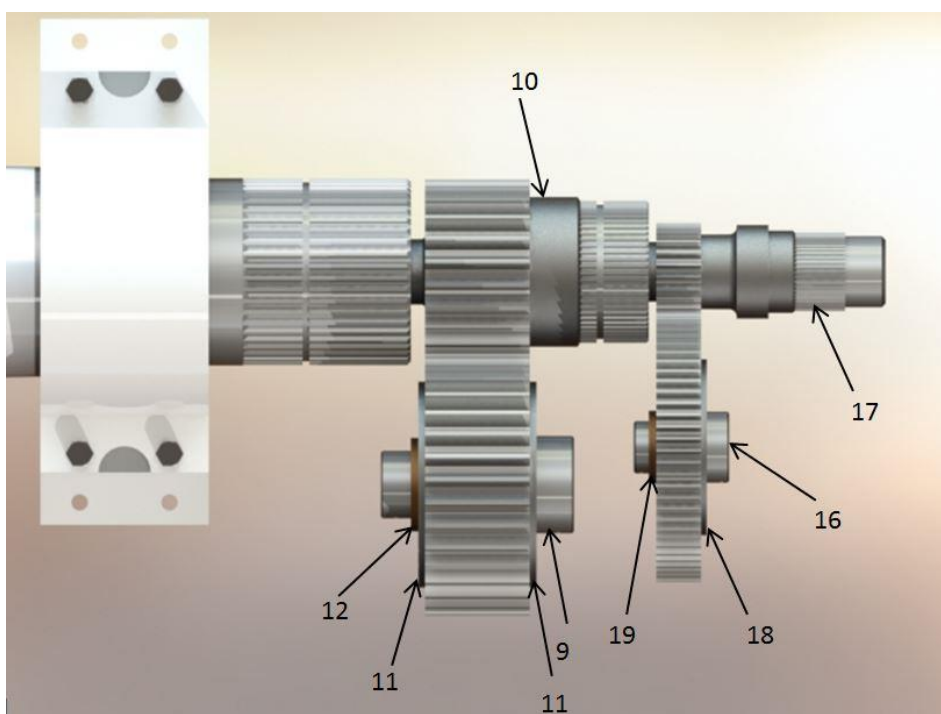


Figura 35 - Identificação dos componentes internos da caixa (2)

## Listagem de material normalizado

Uma grande parte dos componentes da caixa multiplicadora são componentes projectados e não existe nenhuma normalização sobre estes, sendo que outros já estão devidamente catalogados e normalizados. Na montagem da caixa é necessário recorrer a estes componentes normalizados como por exemplos parafusos, vedantes e rolamentos. Na tabela 11 serão numerados, quantificados e definidos os componentes normalizados necessários. [26] [27] [28] [29] [30] [33]

Item	Qty	Descrição	Designação	Material
28	1	Vedante	DIN 3761C B2 710/760/20	80NBR709
29	1	Vedante	DIN 3761B B1USL 630/670/20	75FKN595
30	1	Vedante	DIN 3761A BAUM 560/610/20	75FKN595
31	1	Vedante	DIN 3761A BAU 500/550/20	80NBR709
32	1	Rolamento	Koyo 453/630	
33	1	Rolamento	Koyo 452/530	
34	1	Rolamento	SKF NUP 230 ECM	
35	1	Porca de fixação	SKF HME 30/530	
36	4	Parafuso	ISO 8765 M64x4x260x153	
37	4	Parafuso	ISO 8765 M42x3x300x109	
38	6	Rolamento	SKF NUP 244 ECML	
39	3	Parafuso	ISO 8765 M20x1.5x120x46	
40	3	Parafuso	ISO 8765 M20x1.5x160x52	
41	36	Parafuso	ISO 10642 M20x2.5x55	
42	1	Vedante	DIN 3761A BA 600/640/20	72NBR902
43	6	Parafuso	ISO 4028 M24x3x60	
44	1	O-ring Parker	Ød=2000 d2=10	
45	2	Bujão	DIN 910 M42x2	
46	12	Parafuso	ISO 8765 M30x2x220x85	
47	3	Rolamento	Koyo NUP 2234	
48	3	Parafuso	ISO 8765 M16x1.5x100x38	
49	3	Parafuso	ISO 8765 M16x1.5x80x38	

50	1	O-ring Parker	Ød=1800 d2=10
51	12	Parafuso	ISO 8765 M30x2x260x260
52	1	Rolamento	SKF NUP 2326 ECML
53	1	Rolamento	SKF NUP 244 ECML
54	1	Rolamento	Koyo NUP 338
55	2	Rolamento	SKF NUP 2328 ECML
56	2	O-ring Parker	Ød=1400 d2=10
57	1	Vedante	DIN 3761A BAUMX7 140/170/15 72NBR902
58	12	Parafuso	ISO 8765 M30x2x300x85

Tabela 11 - Lista de material normalizado

## Sequência de montagem da caixa multiplicadora

Durante a explicação da sequência de montagem da caixa os componentes serão descritos pela numeração atribuída anteriormente na referência das peças não normalizadas e na listagem de material normalizado.

A montagem da caixa multiplicadora inicia-se pela colocação da base das caixas dos rolamentos (peça nº 2 e 4) na sua posição. Daí parte-se para a preparação do veio principal (1), coloca-se no veio vários componentes, pela seguinte ordem vedante (28), rolamento (32), vedante (29), vedante (30), rolamento (33), porca de fixação (35), vedante (31) e no topo do veio o rolamento (34). O passo seguinte será a colocação do veio com os componentes nas caixas, sendo o aspecto como o da figura 36.

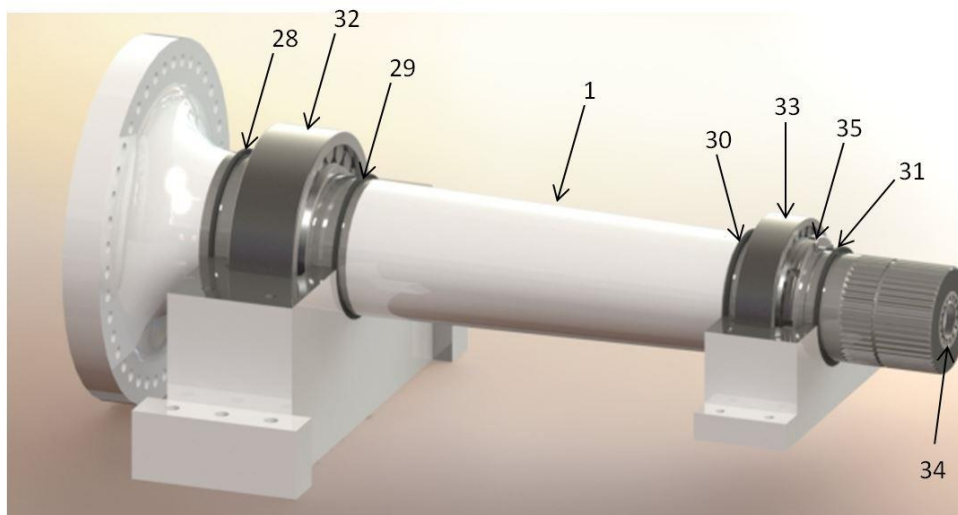


Figura 36 - Montagem do veio principal

Os rolamentos para terem um funcionamento correcto necessitam de ser lubrificados, neste momento é quando se coloca o lubrificante necessário dentro das caixas dos rolamentos. Fecham-se as caixas com as correspondentes tampas (3 e 5) e aparafusam-se com os parafusos (36 e 37).

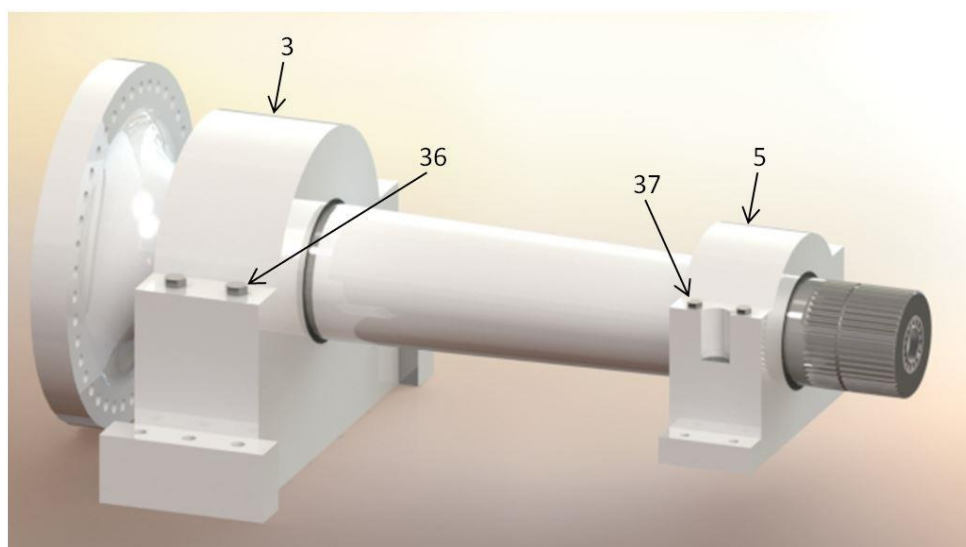


Figura 37 - Fecho das caixas dos rolamentos

Antes de proceder à montagem de porta-satélites inicia-se a preparação dos planetas (8) que nele irão ser alojados. No interior de cada planeta são inseridos dois rolamentos (38) um de cada lado, para manter os rolamentos no local correcto são colocadas as anilhas (11) e fixadas com os parafusos (41).

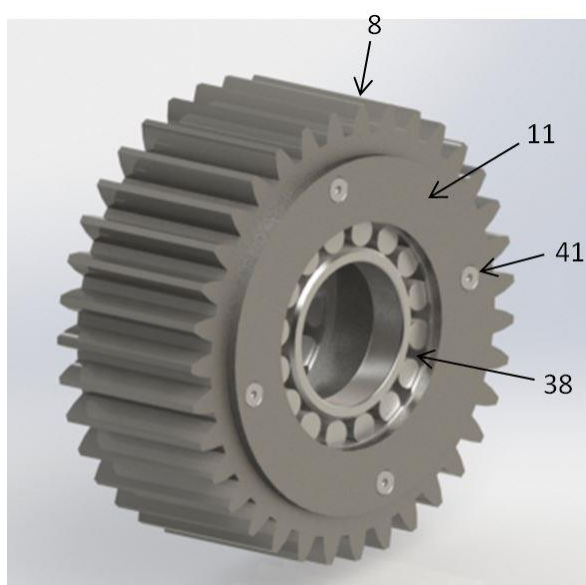


Figura 38 - Planeta do primeiro estágio de multiplicação preparado

Para a montagem do porta-satélites do primeiro estágio de multiplicação (7), com os restantes componentes, nomeadamente os planetas preparados anteriormente, veio dos planetas (9), e casquilho (12), coloca-se o planeta e o casquilho em posição, entretanto aponta-se o veio no local. Posteriormente desloca-se o veio para a sua posição final, que será mantida pelo aperto dos parafusos (39 e 40). O processo descrito é efectuado para os três planetas e conclui-se esta etapa.



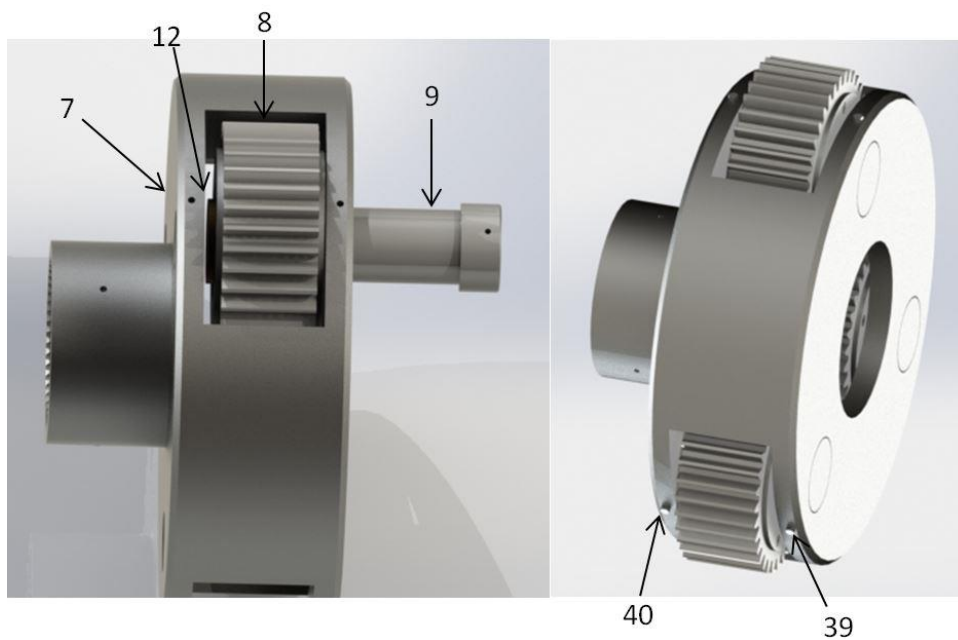


Figura 39 - Montagem do porta-satélites do primeiro estágio de multiplicação

No cárter do primeiro estágio de multiplicação (6) antes de colocado no local tem que ser colocado o vedante (42) e o bujão (45). Este cárter é posicionado correctamente através das suas orelhas de alinhamento, na nacelle da turbina eólica existem guias próprias onde estas orelhas encaixam.

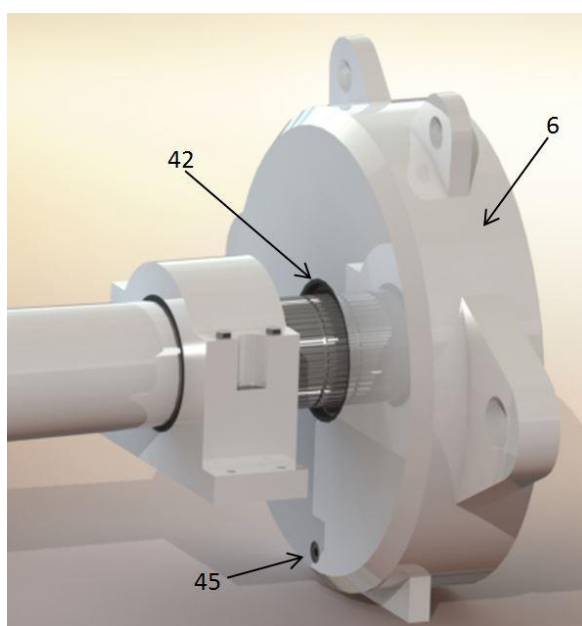


Figura 40 - Montagem do cárter 1

Com o cárter (6) em posição pode-se proceder ao posicionamento do porta-satélites (7) que vai ser encaixado no estriado do veio principal (1) e mantido na posição correcta pelos parafusos (43).

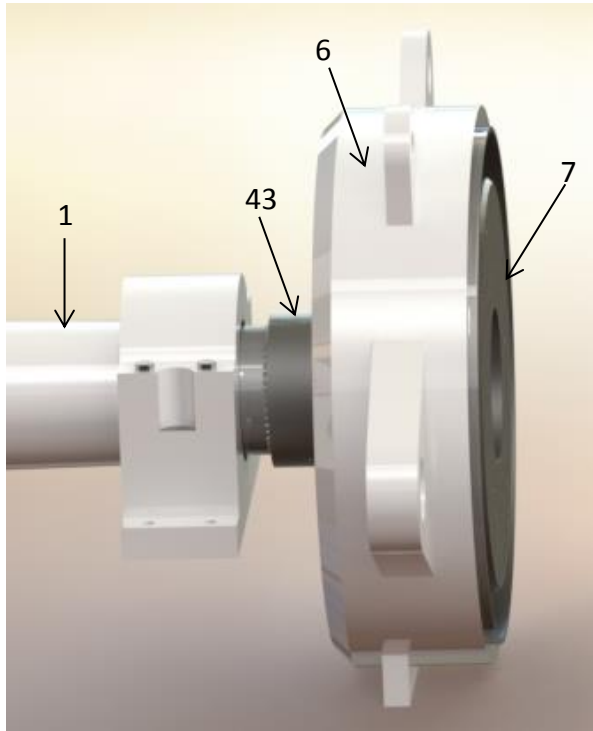


Figura 41 - Posicionamento do porta-satélites 1

Estando estes componentes no seu devido lugar, passa-se a colocar o cárter do segundo estágio de multiplicação (13) no local e é apertado ao cárter (6) através dos parafusos (46). Não esquecendo que antes de ser colocado deve de ser posicionado o O-ring (44) no cárter do segundo estágio.

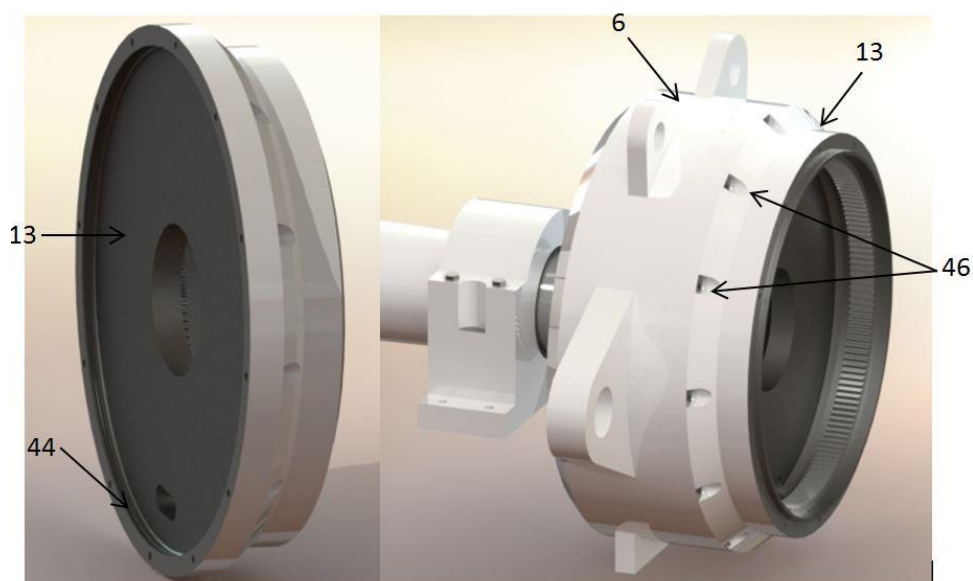


Figura 42 - fixação do cárter do segundo estágio de multiplicação

O componente seguinte a ser preparado será o veio sol-porta-satélites (10). Para posteriormente ser suportado o veio no seu topo leva montado o rolamento (52).

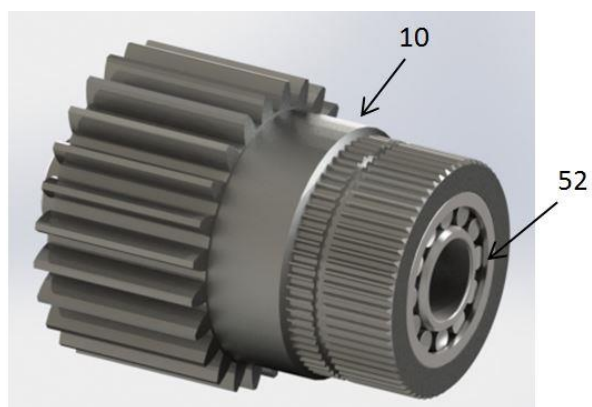


Figura 43 - Preparação do veio sol-porta-satélites

Para prosseguir a montagem é necessário proceder á união de todos os componentes que estão dependentes do porta-satélites do segundo estágio (14). O procedimento é muito idêntico ao porta-satélites do primeiro estágio. Inicia-se pela preparação do planeta (15), coloca-se no interior o rolamento (47) que é assegurada a sua posição pela anilha (18) que por sua vez é fixa ao planeta pelos parafusos (41).

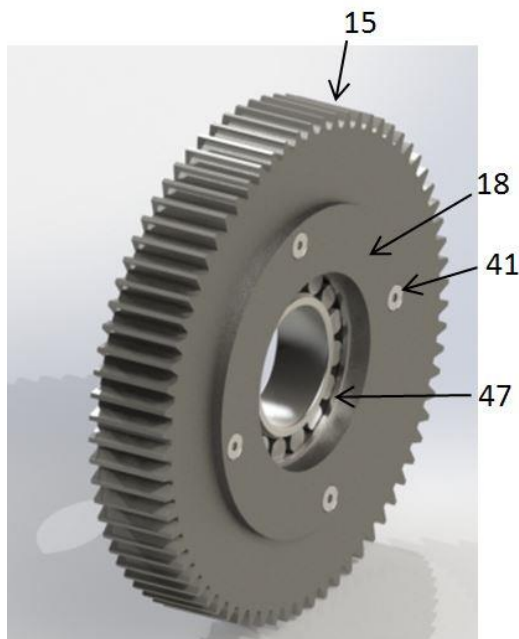


Figura 44 - Planeta do segundo estágio de multiplicação preparado

No interior do porta-satélites é colocado o casquilho (19) e o planeta preparado antes em posição, depois é inserido o veio (16) até a sua posição final e é assegurada a sua fixação pelos parafusos (48 e 49). O processo é repetido até todos os planetas estarem em posição.

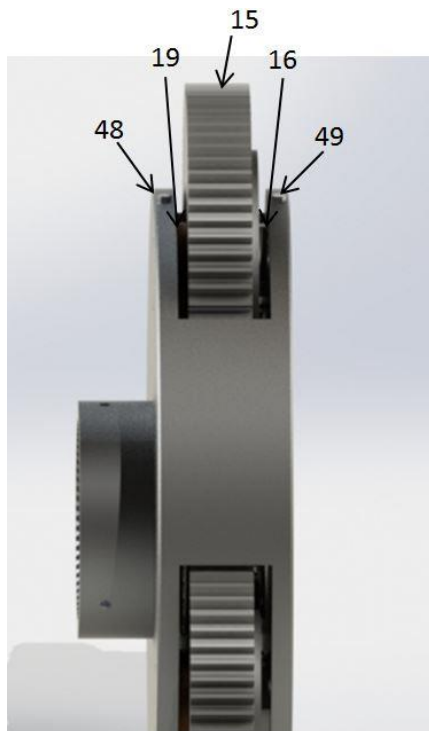


Figura 45 - Montagem do porta-satélites do segundo estágio de multiplicação

O veio sol-porta-satélites (10) é então encaixado no estriado do porta-satélites (14) e a posição é mantida á custa dos parafusos (43).

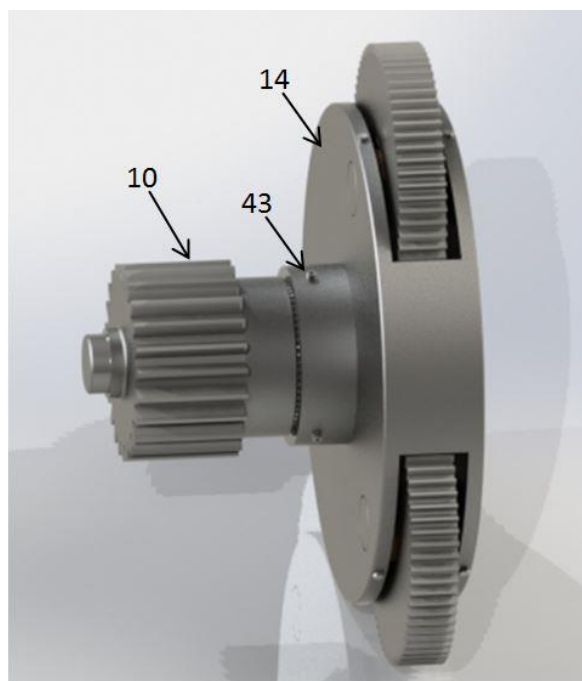


Figura 46 - Assemblagem do veio sol-porta-satélites com o porta-satélites

O conjunto formado pelo porta-satélites e pelo veio é colocado dentro da caixa na sua posição.

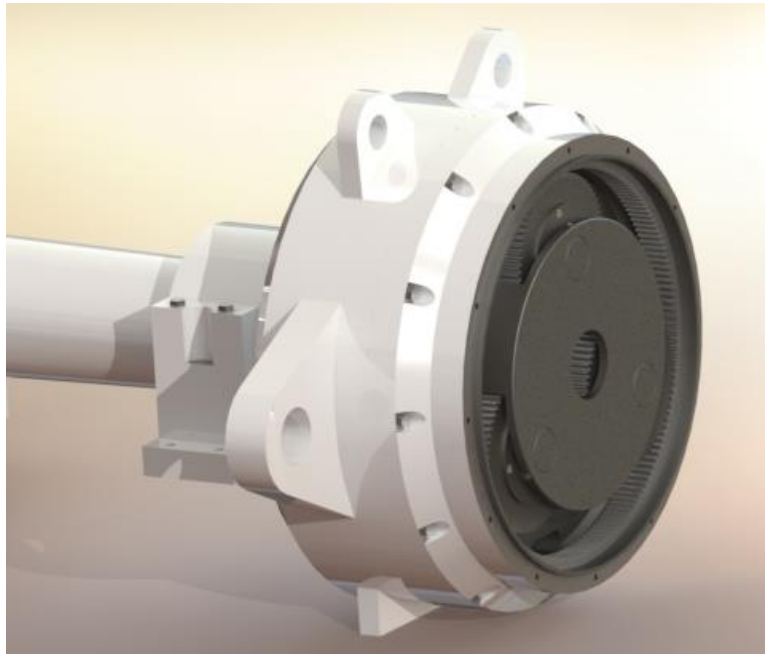


Figura 47 – Posicionamento do veio e do porta-satélites

O procedimento seguinte prende-se apenas na inserção do veio sol-roda (17) com a ponta onde está maquinado o sol no interior do porta-satélites acabado de posicionar.

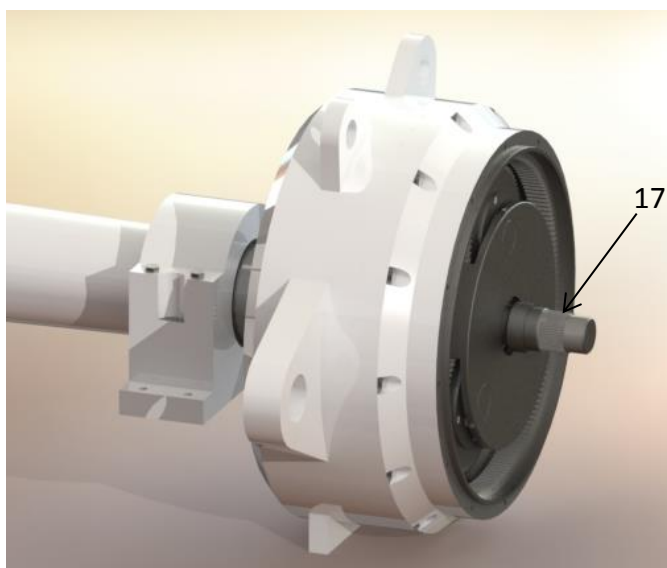


Figura 48 - Posicionamento do veio sol-roda

O Carter número três (20) antes de ser aparafusado através dos parafusos (51) à restante caixa, tem que ser colocado na ranhura própria o O-ring (50), para fazer a vedação entre o cárter do estágio 2 e o cárter 3. Depois de aparafusado é colocado o rolamento (53) que tem como função apoiar o veio sol-roda.

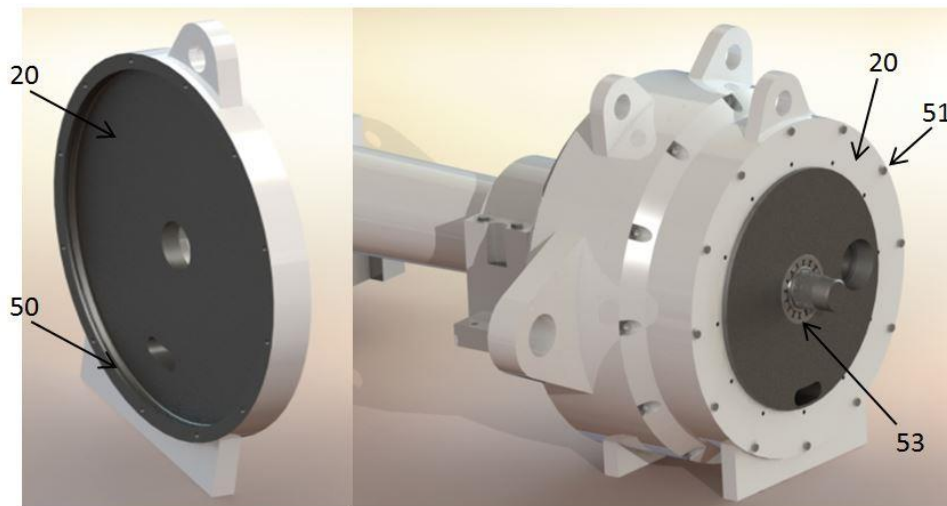


Figura 49 - Montagem do cárter 3

O veio sol-roda para estar terminado tem que ter acoplado a ele os seguintes componentes, roda (23), o casquilho (26) e o rolamento (54), seguindo esta mesma ordem na sua sequência de montagem.

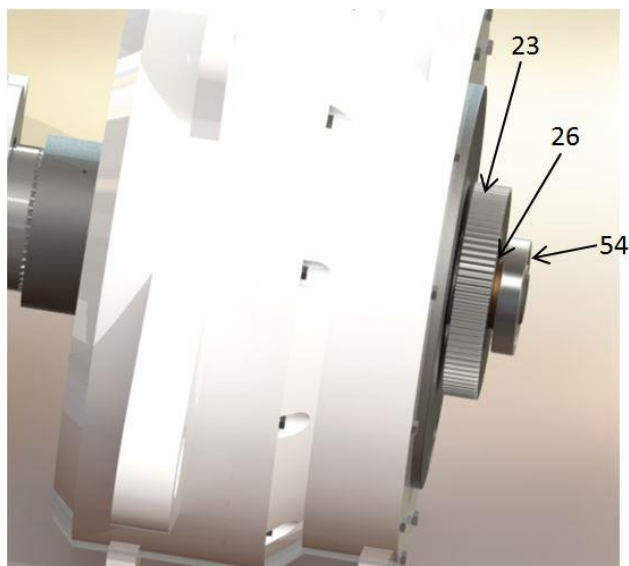


Figura 50 - Acoplamentos dos componentes ao veio sol-roda

O próximo veio que necessita de cuidados será o veio do pinhão (25). No estriado existente será acoplado o pinhão (24), de cada lado do pinhão leva um casquilho (27) e um rolamento (55). Na figura 51 poder-se-á ver o aspecto do veio assembled com os componentes e também o aspecto da caixa quando este for montado nela.

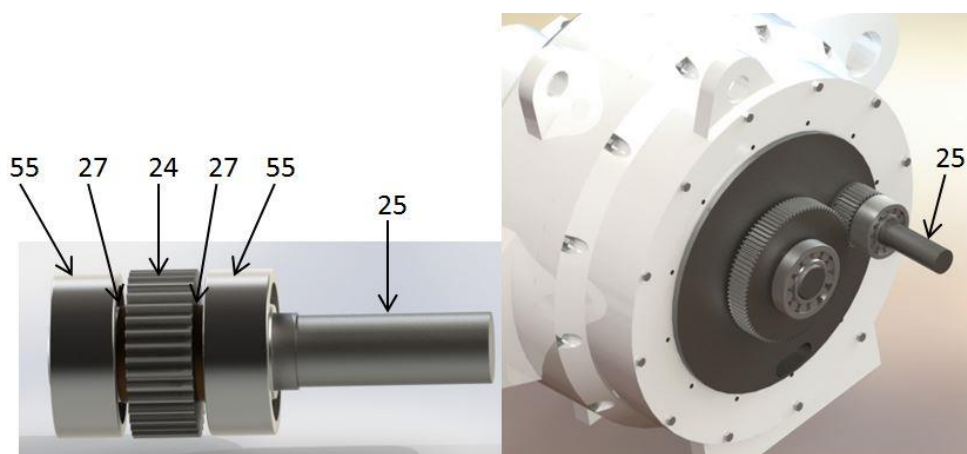


Figura 51 - Montagem do veio do pinhão



Finalmente apenas falta fechar a caixa, que é feita através do anel da tampa (21) e o fundo da tampa (22). No anel da tampa são colocados 2 O-rings (56) que fazem a vedação entre este e o cárter (20) e entre o anel da tampa e o fundo da tampa.

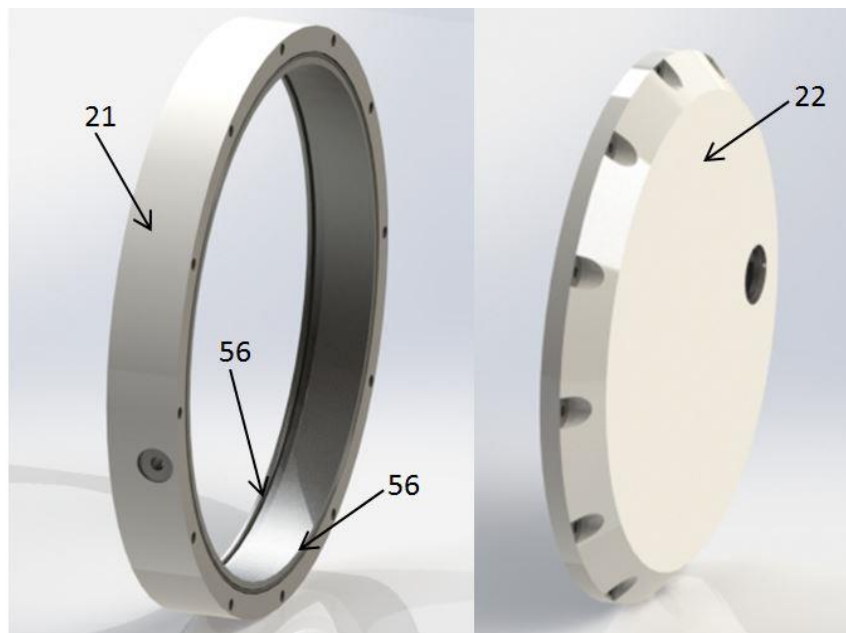


Figura 52 - Colocação dos O-rings no anel do cárter tampa

O anel e o fundo da tampa são aparafusados à restante caixa através dos parafusos (58). Depois de estar tudo fixado e colocado o vedante (57) no veio de saída. Depois da introdução do lubrificante na caixa através do bujão (45) este é apertado e é concluída a montagem da caixa.

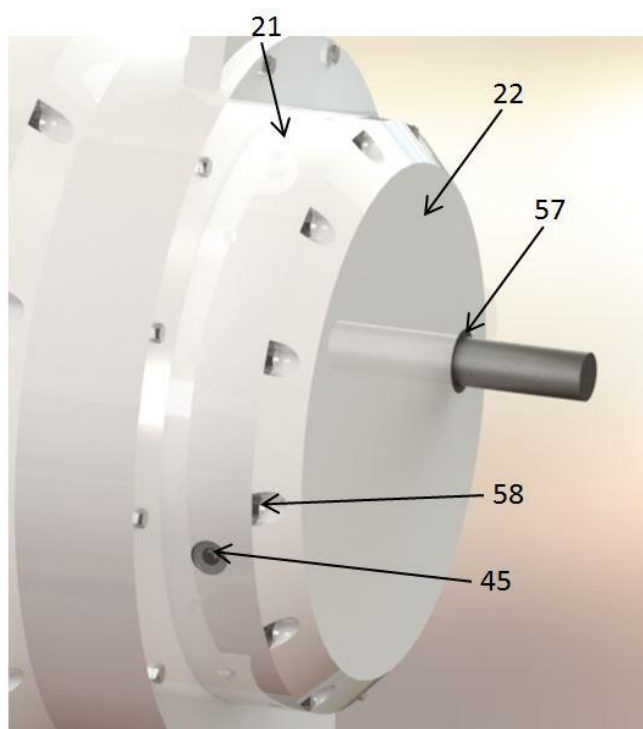


Figura 53 – Fechar a caixa multiplicadora

O aspecto final da caixa multiplicadora será o que se encontra exemplificado pela figura 54.

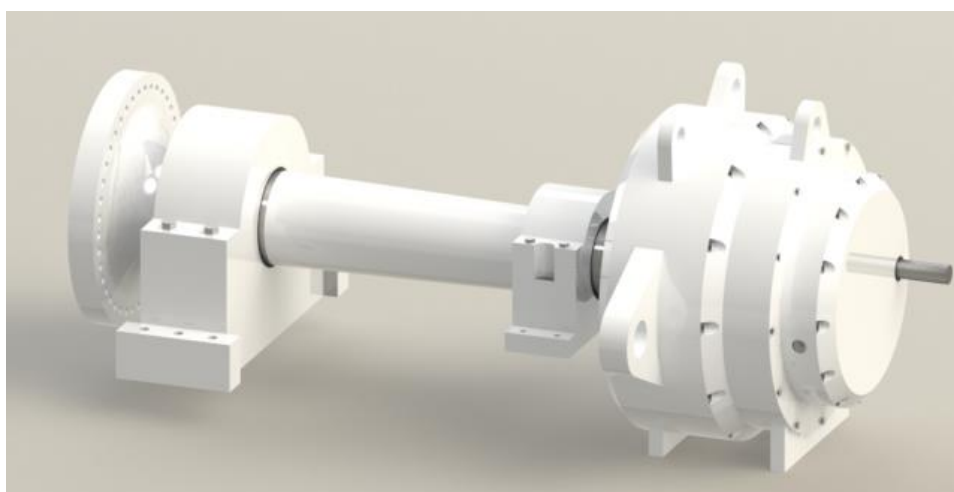


Figura 54 - Vista geral da caixa multiplicadora

## 4 - Equipamentos requeridos

Ao desenvolver o projecto dos vários componentes teve-se sempre presente qual seria o melhor método para se produzir cada peça. Depois de todas as peças estarem devidamente projectadas e os processos pelos quais seriam produzidos, teve que se seleccionar os equipamentos necessários para os diferentes processos. Os equipamentos têm capacidades limitadas, portanto os equipamentos foram seleccionados mediante as necessidades do projecto e a sua capacidade de trabalho.

Para não se tornar um capítulo muito extenso apenas serão mencionados as marcas e modelos dos equipamentos, estando disponíveis em anexo as fichas técnicas dos equipamentos (do anexo B ao J) . Juntamente com a designação de cada equipamento serão nomeadas as características gerais mas fundamentais para fabricar as peças. As características definidas foram as mais básicas e as que serviram de primeiro critério para a selecção dos equipamentos, para além destas foram analisadas muitas outras. [34] [35] [36] [37] [38] [39] [40] [41] [42]

### Corte por jacto de água:

TCI cutting BP-S 3060

	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
<b>Dimensões mínimas</b>	2200	2200	200
<b>Dimensões disponíveis</b>	6000	3000	200

Tabela 12 – Características básicas TCI cutting BP-S 3060

### Corte por Oxicorte:

Oxyser Vulcano 4000

	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
<b>Dimensões mínimas</b>	2200	2200	300
<b>Dimensões disponíveis</b>	3000	2500	300

Tabela 13 - Características básicas Oxyser Vulcano

### Forno para forjagem:

Nutec Bickley, car-bottom furnace

	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Altura (mm)
<b>Dimensões mínimas</b>	4000	1700	1700
<b>Dimensões disponíveis</b>	Possibilidade de construção á medida		

Tabela 14 - Características básicas Nutec Bickley, car-bottom furnace

### Prensa de forjagem:

Ficep DD 1100

	Largura (mm)	Altura (mm)
<b>Dimensões mínimas</b>	1700	1700
<b>Dimensões disponíveis</b>	1800	1800

Tabela 15 - Características básicas Ficep DD 1100

### Torno horizontal de elevadas dimensões:

Georg ultraturn R

	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)	Massa (ton)
<b>Dimensões mínimas</b>	4000	1700	10
<b>Dimensões disponíveis</b>	25000	7000	350

Tabela 16 - Características básicas George ultraturn R

### Torno horizontal de pequenas dimensões:

Haas ST40

	Comprimento (mm)	Diâmetro (mm)
<b>Dimensões mínimas</b>	800	470
<b>Dimensões disponíveis</b>	1118	648

Tabela 17 - Características básicas Haas ST40

### Torno vertical:

Pietro Carnaghi AC24T/TM

	Altura (mm)	Diâmetro (mm)	Massa (ton)
<b>Dimensões mínimas</b>	700	2160	7.4
<b>Dimensões disponíveis</b>	750	2400	20

Tabela 18 - Pietro Carnaghi AC24T/TM

### Fresadora:

Haas VM2

	Comprimento(mm)	Largura(mm)	Altura(mm)	Massa(Kg)
<b>Dimensões mínimas</b>	750	450	360	450
<b>Dimensões disponíveis</b>	762	508	508	1361

Tabela 19 - Características básicas Haas VM2

### Soldadura:

Kemppi X8

Este equipamento foi seleccionado de entre vários pois era o mais compacto para permitir mais mobilidade ao soldador. E de entre as várias era a que tinha a capacidade de depósito de material mais elevada.

## 5 - Protecção anti corrosão

A exposição dos metais à atmosfera provoca a oxidação dos mesmos. A corrosão neste caso pode influenciar o funcionamento de alguns componentes e até mesmo comprometer a sua durabilidade. Mediante este facto é necessário existir um acabamento superficial que impeça o contacto dos metais com a atmosfera, optou-se por pintar o exterior da caixa multiplicadora.

A CIN dispõe um catalogo onde aconselha qual o melhor tratamento superficial possível mediante as condições do ambiente a que a caixa vai estar exposta. As turbinas eólicas são instaladas em todo o tipo de ambientes, o ambiente onde são instaladas e é mais propicio a existir corrosão é num ambiente marítimo.

Quando se aplica uma pintura numa superfície é necessário prestar-lhe manutenção com uma certa periodicidade. Como a caixa multiplicadora é para ter uma vida de 50 anos o ideal seria a pintura apenas ter de ser intervencionada a meio da vida mas não é possível. A durabilidade da pintura fixa-se por volta dos 15 anos, sendo então necessário intervencionar a caixa pelo menos 3 vezes durante a sua vida.

A aplicação recomendada pela CIN é então:

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

No anexo K existe o catálogo da CIN que pode ser consultado para mais esclarecimentos sobre a aplicação das tintas e pode ser consultado também as protecções para outros tipos de condições. [43]

## 6 - Plano de fabrico das peças

A gestão dos recursos humanos, dos equipamentos, das matérias-primas e do tempo e espaço é de elevada importância para a diminuição dos custos de produção de um qualquer componente. Neste caso da caixa multiplicadora por ser um equipamento de elevadas dimensões a gestão de todos os parâmetros indicados anteriormente ainda é de muito maior importância. Para esta tarefa se tornar mais fácil de ser executada foi criado um plano de fabrico para cada peça.

No plano de fabrico é indicada a referência da peça bem como o seu nome, o material de que é constituída, os processos de fabrico pelos quais vai ser submetida e as propriedades finais. Onde são indicados os processos de fabrico é descrito em cada processo qual o material inicial necessário e qual o equipamento que irá ser usado.

Existem algumas peças que são constituídos pela montagem de vários componentes, para estes existe um plano o qual especifica a referência da peça e a referência dos componentes que irão ser utilizados.

Em seguida ficam dois exemplos de planos de fabrico sendo que os restantes encontram-se no anexo L.

**Peça:** CMVC1B- PL1 (Corpo da Base da Caixa 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Oxicorte:**

- Material inicial: Bloco com 615x1820x850mm
- Equipamento utilizado: Oxyser Vulcano

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 5545 kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.



**Peça:** CMVCC1B (Base da Caixa 1)

**Componentes Utilizados:**

- CMVCC1B- PL1 (Corpo da Base da Caixa 1)
- CMVCC1B- PL2 (Aba de Fixação da Base da Caixa 1)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

**Propriedades finais:**

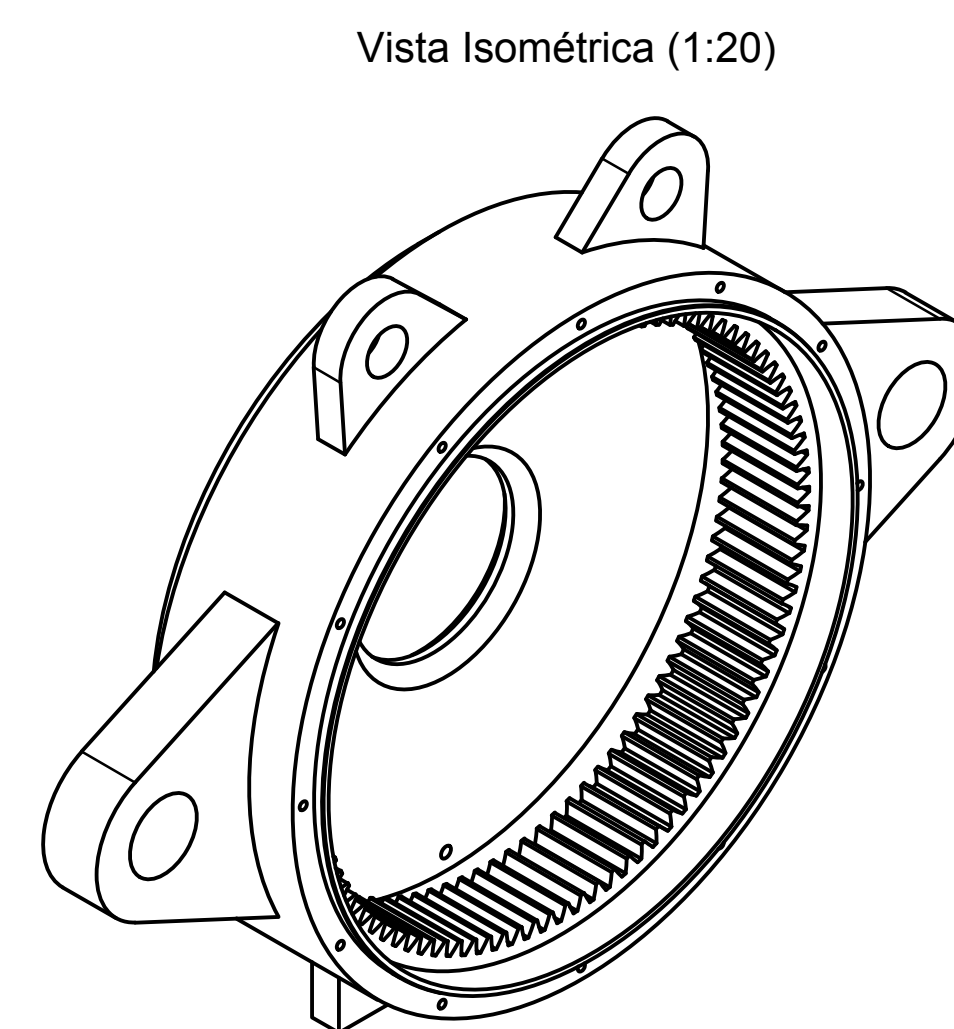
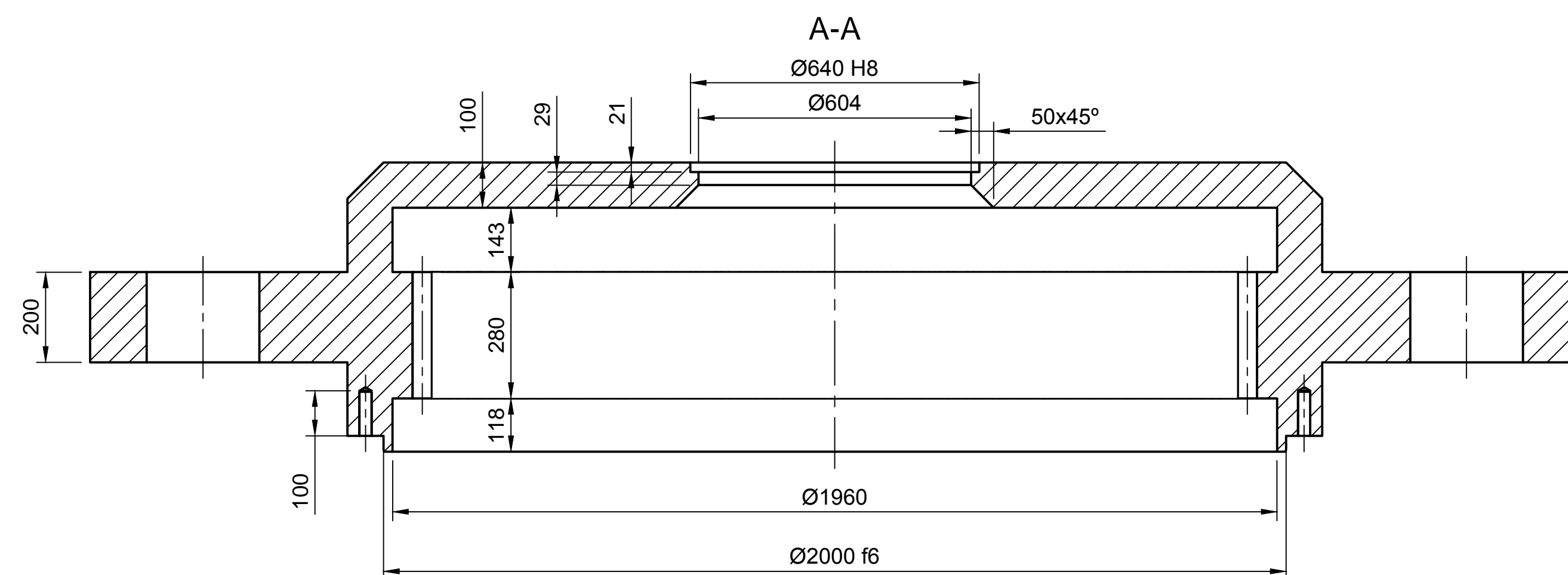
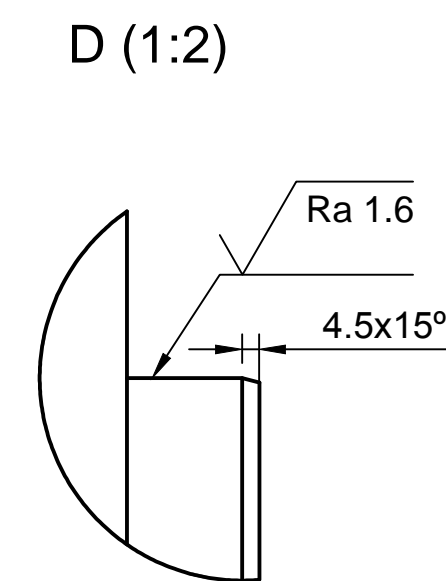
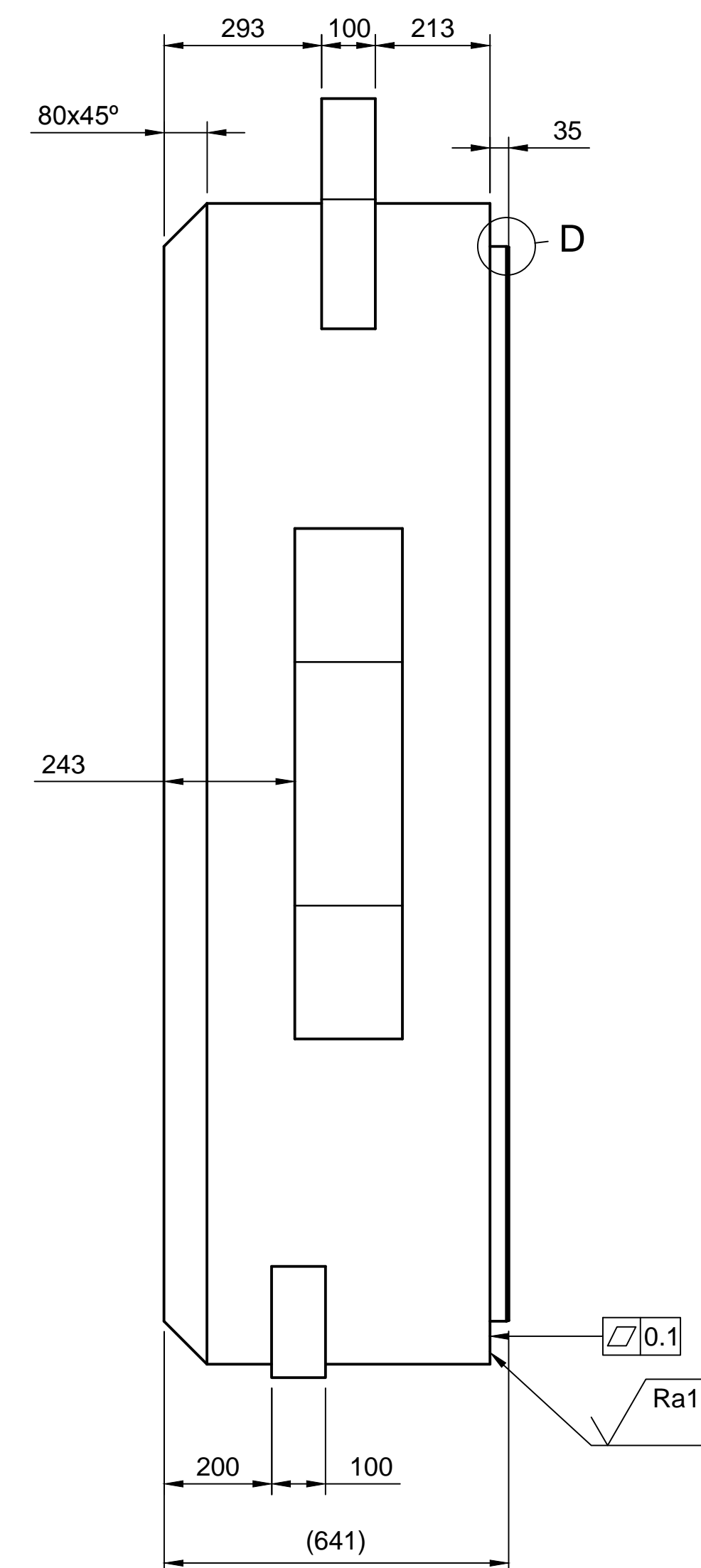
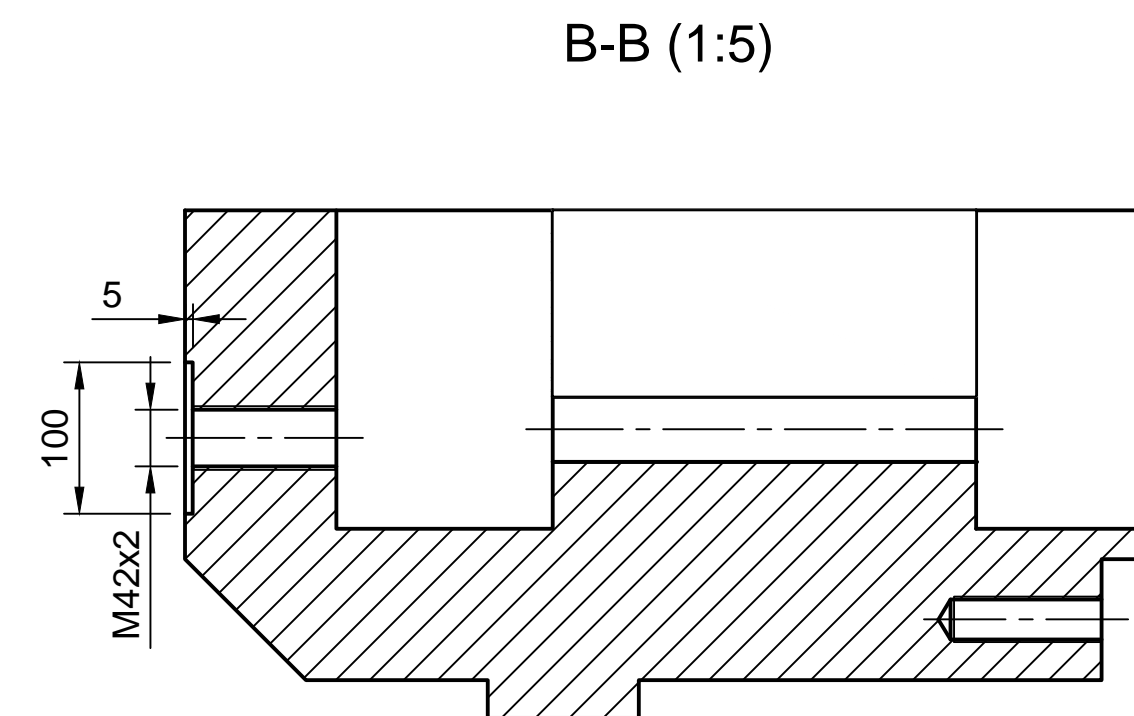
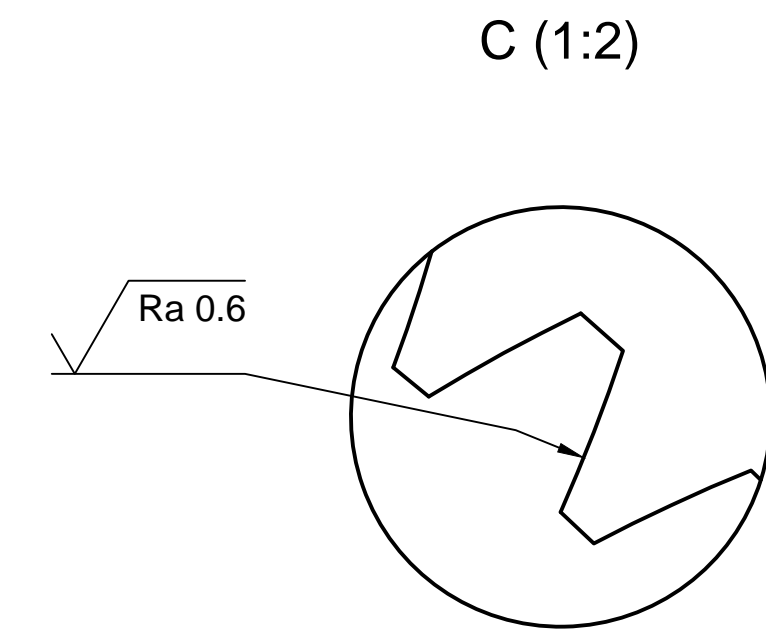
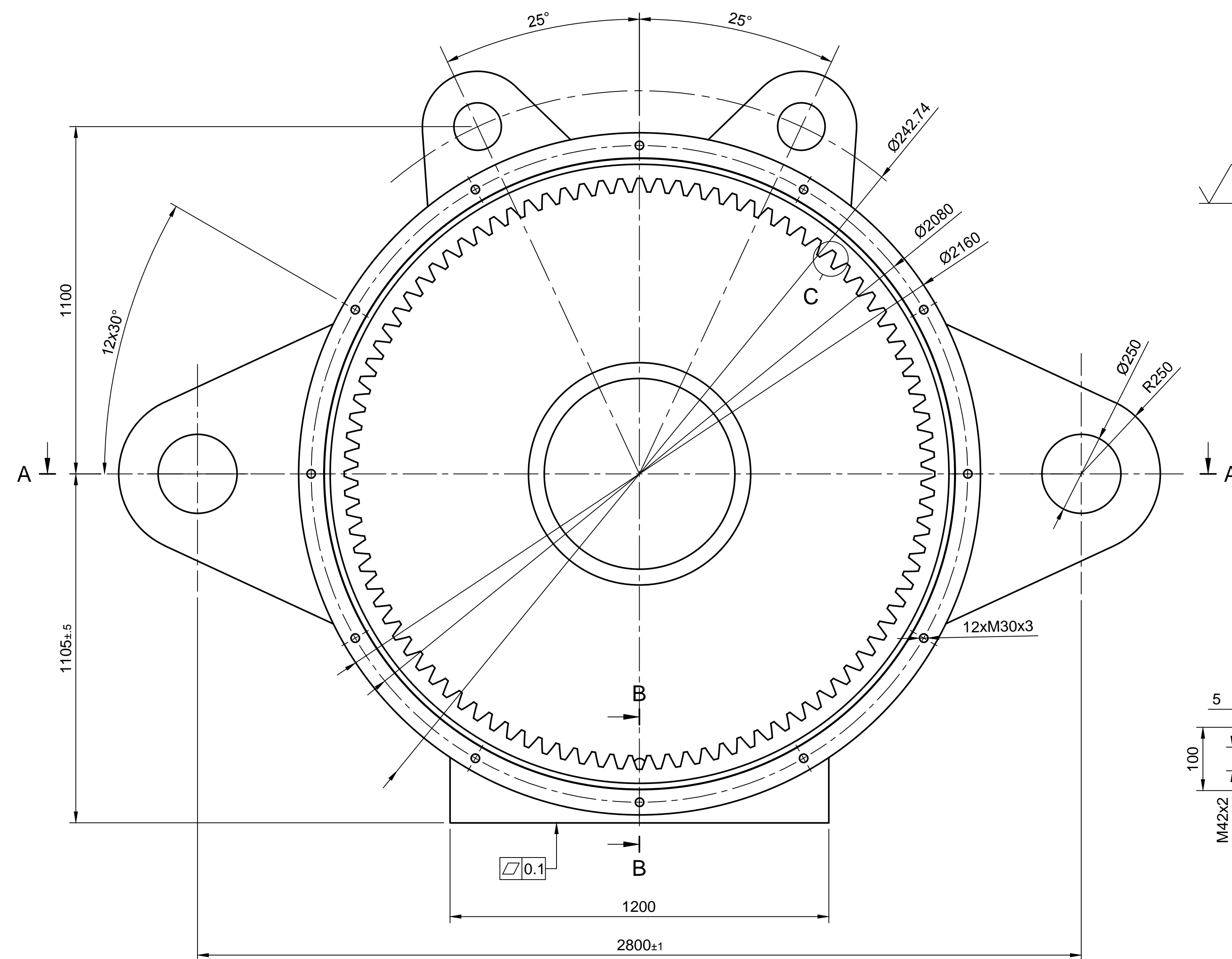
- Massa: 6134kg

## 7 - Desenhos técnicos das peças


Ao longo deste trabalho foram produzidos vários tipos de desenhos dependendo dos processos de fabrico que iriam ser utilizados para produzir as peças. Independentemente do processo de fabrico, todas as peças têm um desenho de definição. Mediante os processos utilizados em cada peça existem desenhos de corte, torneamento, fresagem, montagem e de soldadura.

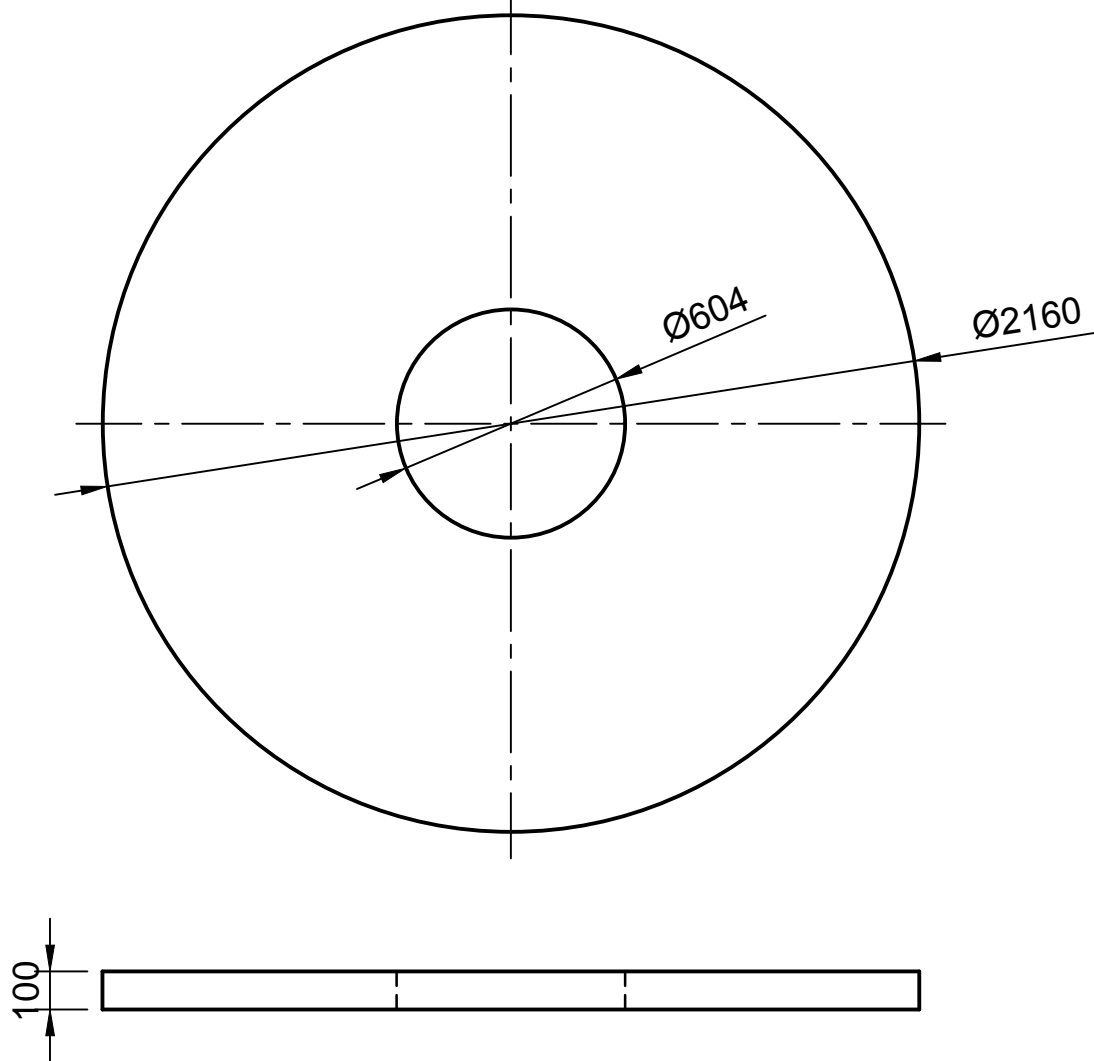
Os desenhos de corte como o próprio nome indica são os desenhos enviados para a secção que efectua corte por jacto de água e oxiacção, nesta fase é transformada a matéria-prima numa pré-forma da peça final. Depois do corte se necessário as peças são enviadas para torneamento ou para fresagem, os desenhos de torneamento e fresagem contém a informação necessária para se conseguir aplicar esses processos às peças. Por fim existem peças que são produzidas a partir de várias através de soldadura, aí foram criados os desenhos de montagem e soldadura. Os desenhos de montagem explicam qual a posição de cada peça, umas em relação às outras, os desenhos de soldadura fornecem as informações sobre os cordões de soldadura.

Todos os desenhos são fornecidos num volume à parte para que não se torne muito extenso este relatório. No entanto seguem os desenvolvidos para o carácter do primeiro estágio de multiplicação pois abrange um grande número de operações, sendo o melhor exemplo para demonstrar os processos necessários e a importância de todos os tipos de desenho. Segue também o desenho de definição do veio sol-roda por ser um dos veios mais complexos, tem um estriado, uma roda dentada entalhada e três superfícies onde irão ser colocados rolamentos.

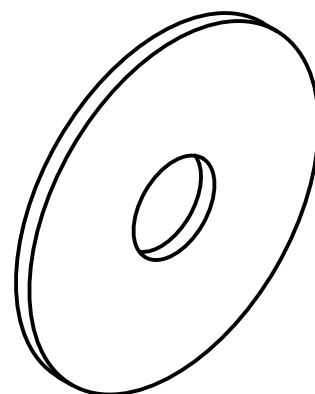


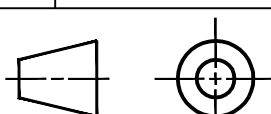
Características do Dentado	
Módulo (mm)	19,0
Número de dentes	-96,0
Ângulo de pressão (°)	20,0
Largura (mm)	280,0
Diâmetro de referência (mm)	1824,0
Diâmetro da raiz (mm)	1893,2
Diâmetro do topo (mm)	807,7
Diâmetro da base (mm)	1714,0
Tolerância diâmetro do topo (mm)	0,00 / 0,01
Adendo (mm)	8,2
Debedo (mm)	34,6

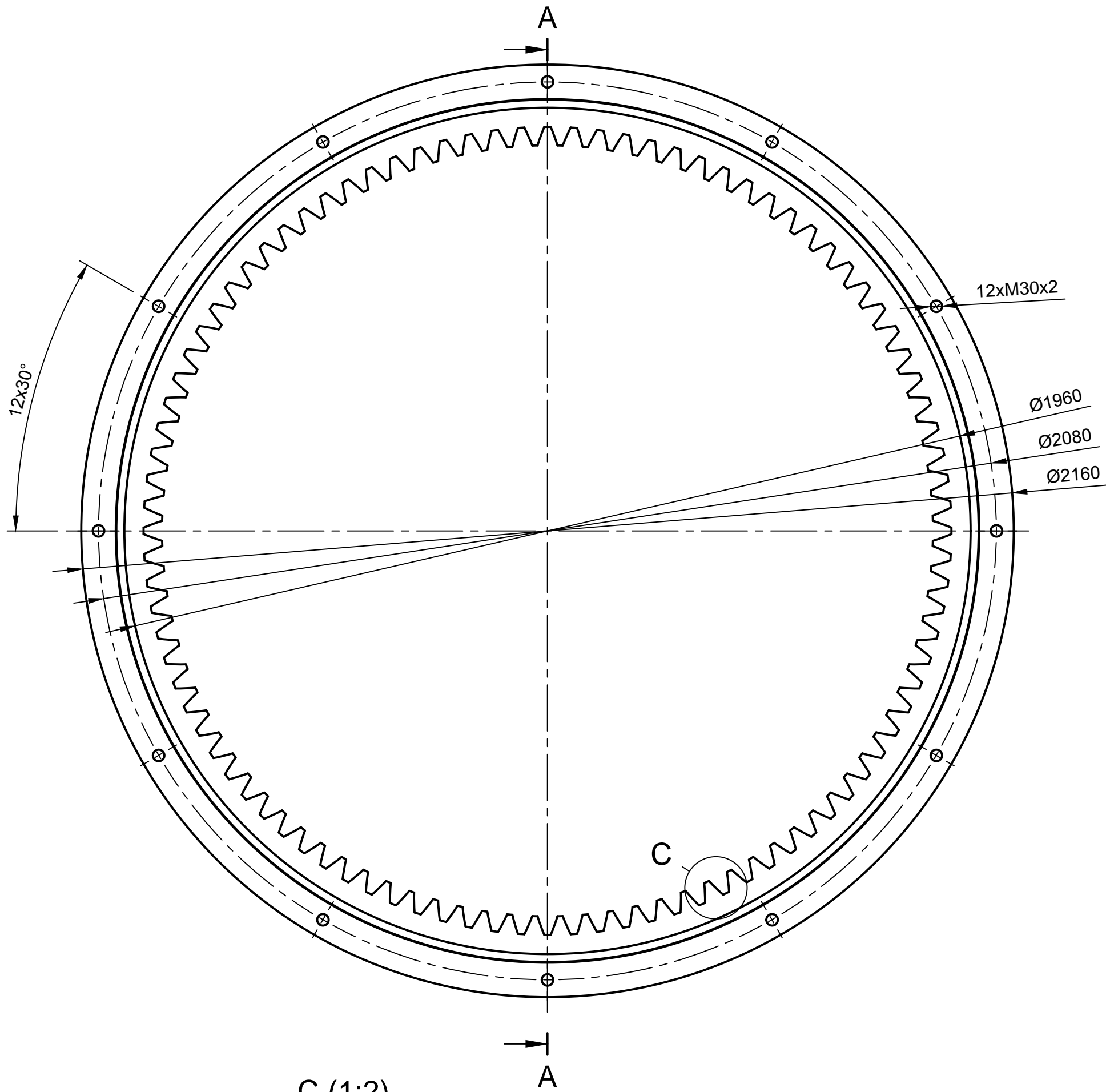
Rugosidade Geral			
Ra3.2			
Chanfros não cotados 1x45°			
Proprietário legal FEUP	Parceria HAAS Factory Outlet	Desenhado por Paulino Vieira	Aprovado por 25/08/2018
Escala 1:10	Tolerâncias segundo ISO 8015	Tipo de documento Desenho de Definição	Informação adicional
Formato da folha ISO A1		Título CME1C	Estado do documento
		Desenho nº 001	
		Língua Pt	Folha 1/1



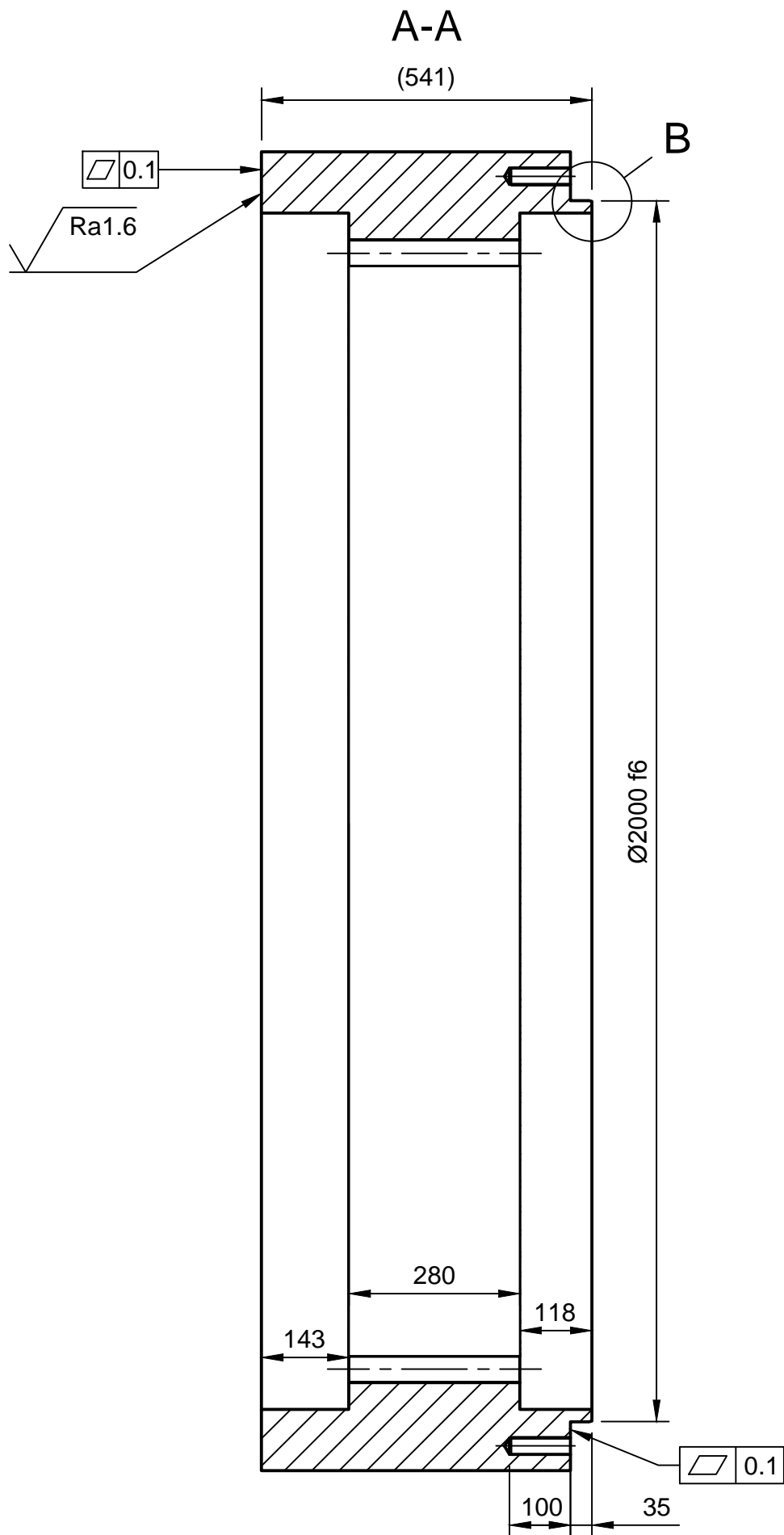
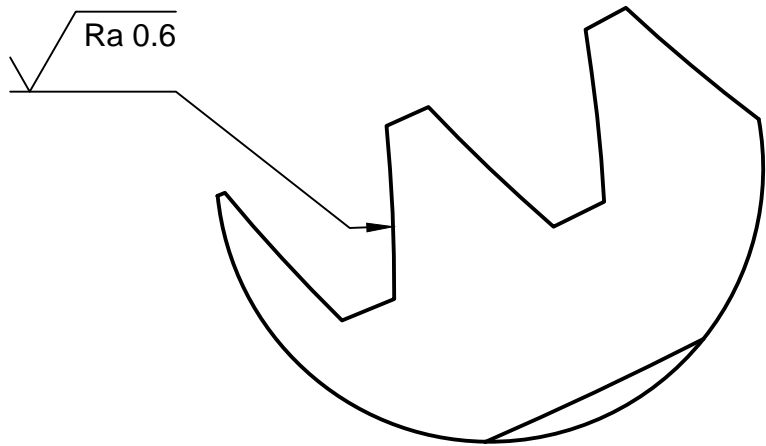
Vista Isométrica (1:40)



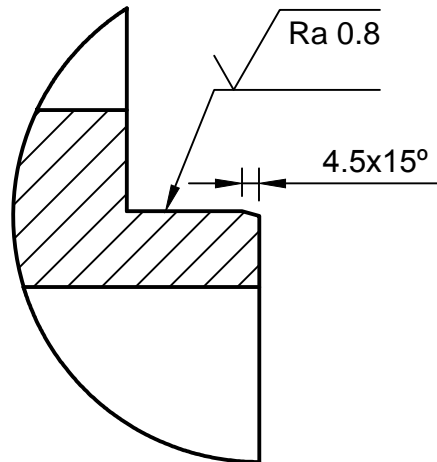
Proprietário legal FEUP		Parceria HAAS Factory Outlet	Desenhado por Paulino Vieira		25/06/2018		Aprovado por	
Escala 1:20	Tolerâncias segundo ISO 8015		Tipo de documento Desenho de Corte por Jacto de Água			Informação adicional		Material Aço ST 52
Formato da folha ISO A4			Título CME1C-PL2 Fundo do cárter 1			Estado do documento Desenho nº 001		
						Língua Pt		Folha 1/1



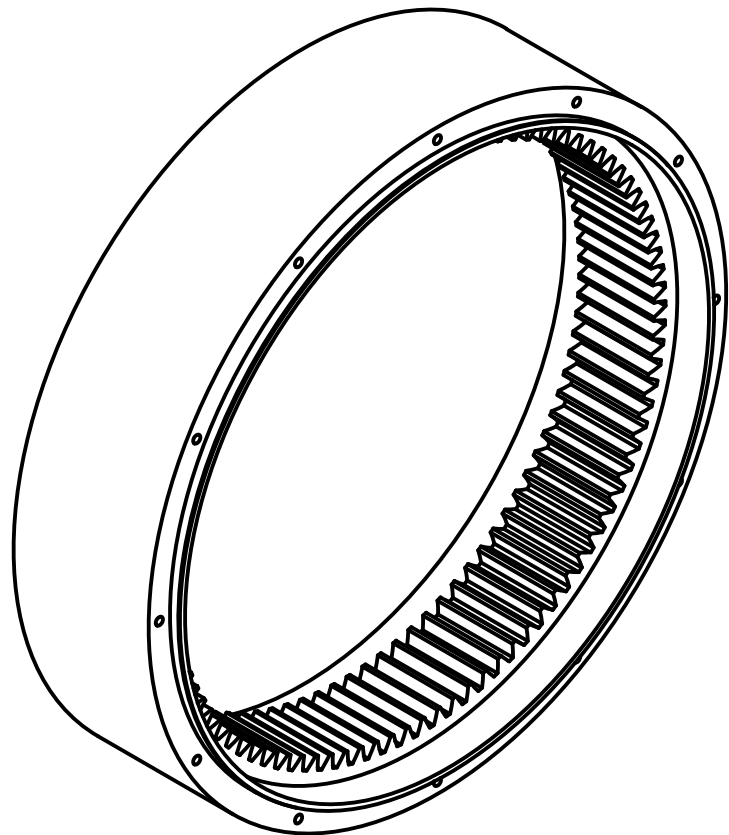
C (1:2)



B (1:2)

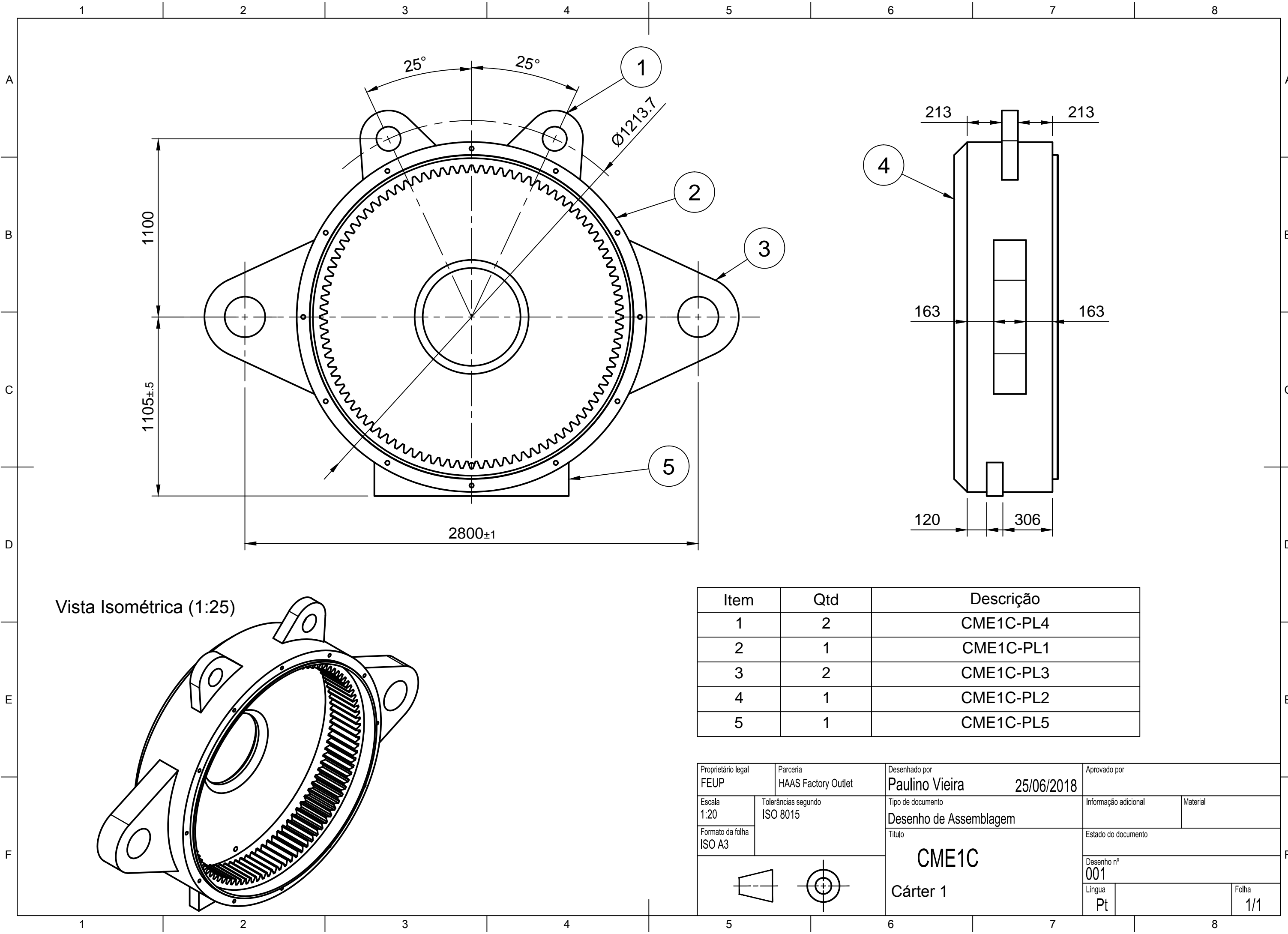


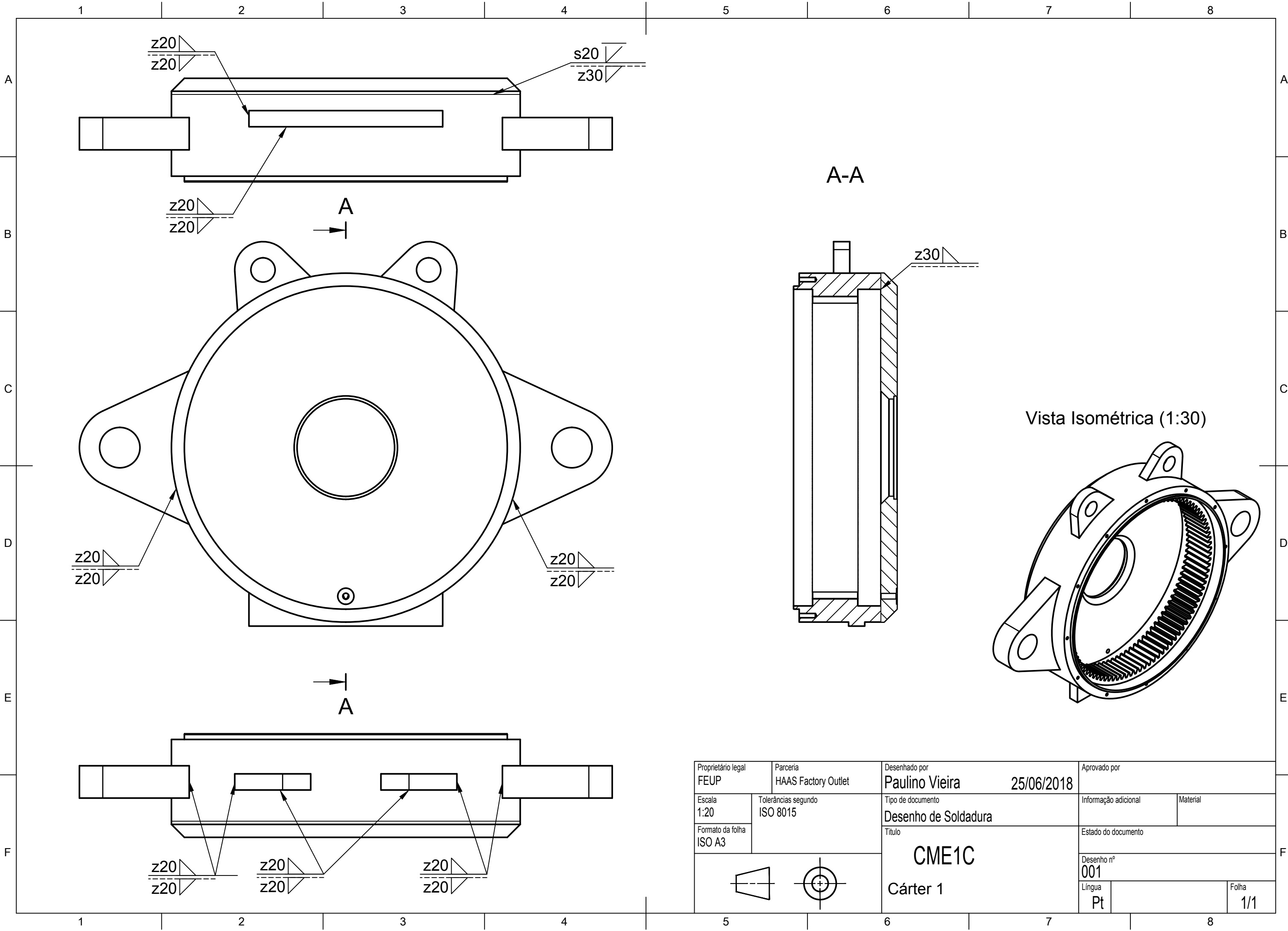
Vista Isométrica (1:20)



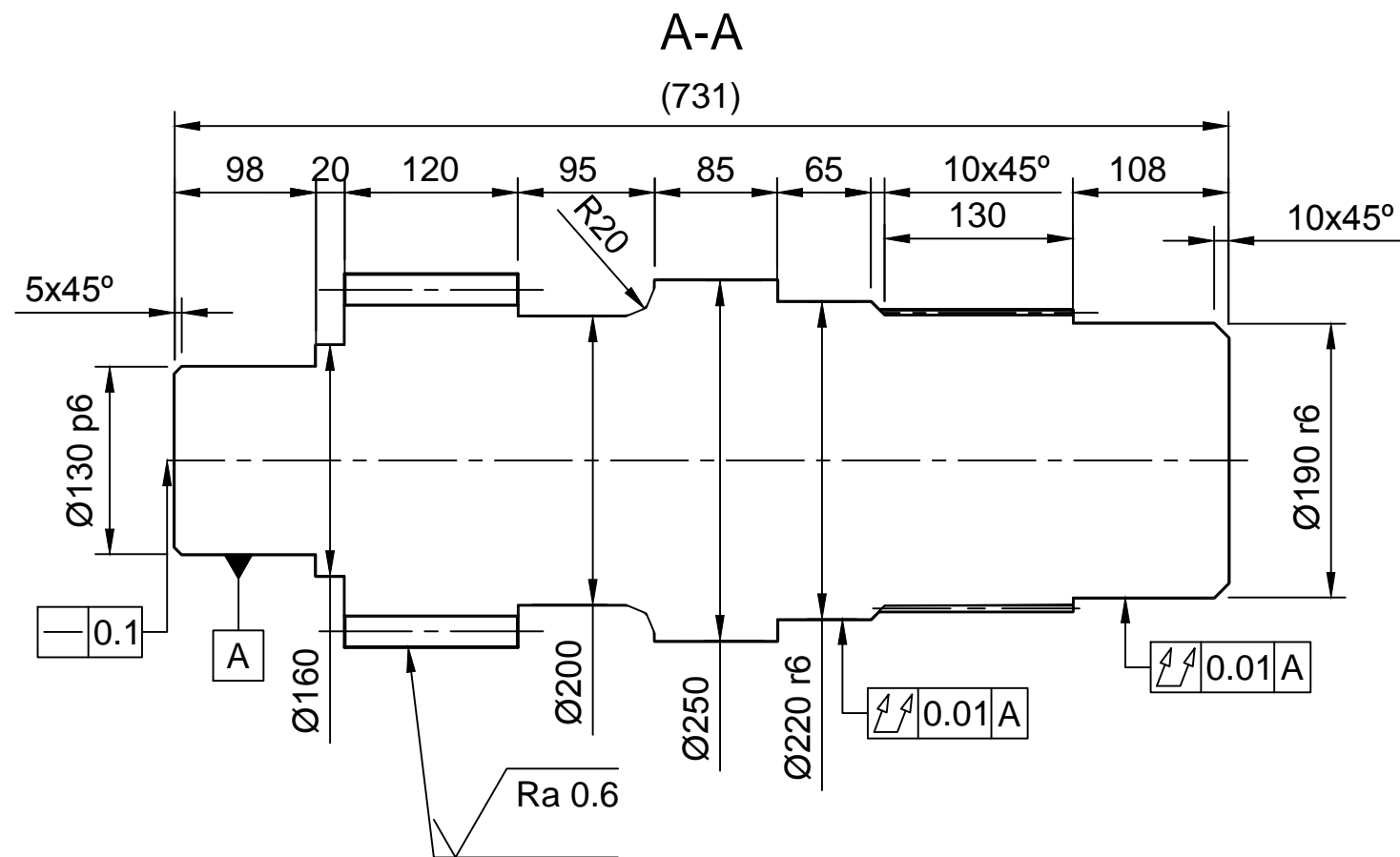
Características do Dentado	
Módulo (mm)	19.0
Número de dentes	-96.0
Ângulo de pressão (°)	20.0
Largura (mm)	280.0
Diâmetro de referência (mm)	1824.0
Diâmetro da raiz (mm)	1893.2
Diâmetro do topo (mm)	1807.7
Diâmetro da base (mm)	1714.0
Tolerância diâmetro do topo (mm)	0.00 / 0.01
Adendo (mm)	8.2
Dedendo (mm)	34.6

Rugosidade Geral Ra 3.2		Chanfros não cotados 1x45°	
Proprietário legal FEUP	Parceria HAAS Factory Outlet	Desenhado por Paulino Vieira	Aprovado por 25/06/2018
Escala 1:10	Tolerâncias segundo ISO 8015	Tipo de documento Desenho de Torneamento	Informação adicional Material Aço AGMA C95
Formato da folha ISO A2		Título CME1C-PL1 Anel com dentado interior cárter 1	Estado do documento Desenho nº 001 Língua Pt
			Folha 1/1



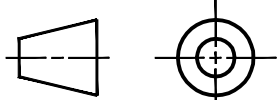


Proprietário legal FEUP		Parceria HAAS Factory Outlet	Desenhado por <b>Paulino Vieira</b> 25/06/2018		Aprovado por	
Escala 1:20	Tolerâncias segundo ISO 8015		Tipo de documento <b>Desenho de Soldadura</b>		Informação adicional	Material
Formato da folha ISO A3			Título  <b>CME1C</b>  <b>Cárter 1</b>		Estado do documento	
			Desenho nº <b>001</b>			
			Língua <b>Pt</b>			Folha <b>1/1</b>



Características Estriado	
Módulo (mm)	4.0
Número de dentes	51.0
Diâmetro de referência (mm)	210.0
Diâmetro da raiz(mm)	201.2
Diameto do topo (mm)	209.2
Diâmetro da base (mm)	176.7
Espessura do dente (mm)	7.2
Adendo (x1*m)	0.8

Ra1.6

Proprietário legal FEUP		Parceria HAAS Factory Outlet	Desenhado por <b>Paulino Vieira</b>		25/06/2018		Aprovado por	
Escala 1:5		Tolerâncias segundo ISO 8015	Tipo de documento <b>Desenho de Definição</b>			Informação adicional		Material <b>Aço AGMA C95</b>
Formato da folha ISO A3			Título  <b>CME2VS</b>  <b>Veio sol roda dentada</b>			Estado do documento		
		Desenho nº <b>001</b>				Língua <b>Pt</b>		Folha <b>1/1</b>



## 8 - Custos de produção

A caixa desenvolvida ao longo deste projecto neste relatório pode ser considerada uma peça de elevadas dimensões. Os custos associados à produção de um equipamento deste género são muito elevados, pois são utilizadas elevadas quantidades de matéria-prima, são utilizadas muitas horas de mão-de-obra e de utilização de maquinarias e o custo de aquisição de cada equipamento necessário é muito elevado.

Numa tentativa de estimar os custos de montagem de uma unidade de produção de caixas multiplicadoras deste género, contactei as várias empresas responsáveis pela produção e vendas dos equipamentos seleccionados. Como a resposta a essa informação é demorada e como algumas empresas não querem ter revelados os seus preços a não ser aos seus clientes, apenas obtive uma resposta pela parte da Haas e pela parte da Oxyser. Na tabela 20 ficam indicados os preços base dos equipamentos que tenho informação do preço.

Equipamento	Preço base
<b>Oxyser Vulcano 4000</b>	200 000 €
<b>Haas ST40</b>	99 995 €
<b>Haas VM2</b>	68 695 €

Tabela 20 - Preços dos equipamentos

Para a matéria-prima foram contactados alguns possíveis fornecedores, tal como aconteceu nos equipamentos foi difícil o contacto e a obtenção de respostas neste caso foi nula. Através de alguns preços disponíveis on-line de alguns fornecedores, consegue-se concluir que o preço de aço em forma de chapas independentemente da sua espessura de dimensões o preço mínimo ronda os 600€ cada tonelada.

Sendo que o nível de disponibilidade do meio empresarial não correspondeu ao espectável, não se pode chegar a nenhuma conclusão concreta relativamente a este tema. [41] [42]

## 9 – Simulação da maquinagem de uma peça

Neste projecto existe uma enorme quantidade de peças que podem ser maquinadas mas devido às suas grandes dimensões poucas são as possíveis de maquinar nos equipamentos disponíveis na Haas. A peça escolhida para ser simulada a sua maquinagem e posteriormente ser maquinada num torno da Haas foi a anilha dos planetas do segundo estágio de multiplicação (CME2A), representada na figura 55.

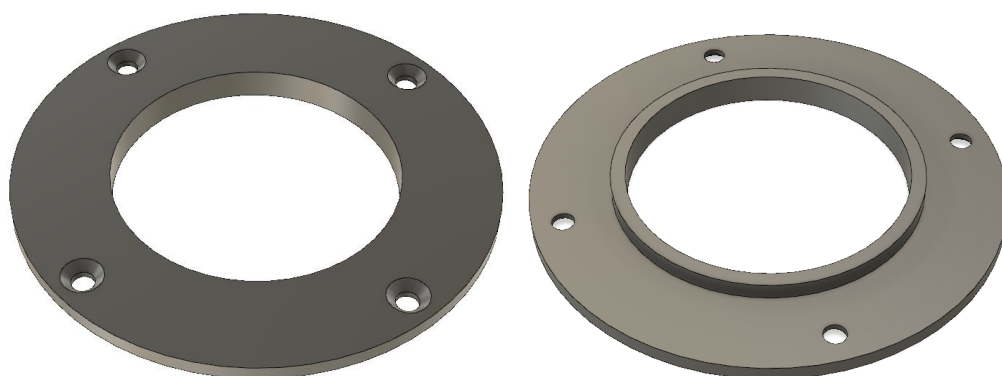


Figura 55 - Anilha do planeta do 2º estágio

O primeiro passo é definir o equipamento e qual a matéria-prima a utilizar, o que já foi efectuado anteriormente no plano de fabrico das peças. Na parte da produção da anilha não será utilizado o torno ST40 mas sim um ST20 que é o equipamento disponível e tem plena capacidade de produzir esta peça. A matéria-prima utilizada será um tubo com diâmetro interior de 250mm, exterior de 500mm e comprimento de 40mm.

O fabrico desta peça irá implicar o uso de dois tipos de ferramentas, a primeira uma ferramenta convencional de torneamento e a segunda uma ferramenta motorizada. A primeira ferramenta é utilizada para fazer todo o contorno interior e exterior da peça, a segunda é utilizada para produzir os furos e chanfros da peça.

Agora no programa de simulação, o Fusion 360, o primeiro passo será a definição da matéria-prima, a interface do programa parecer-se-á com na figura 56.

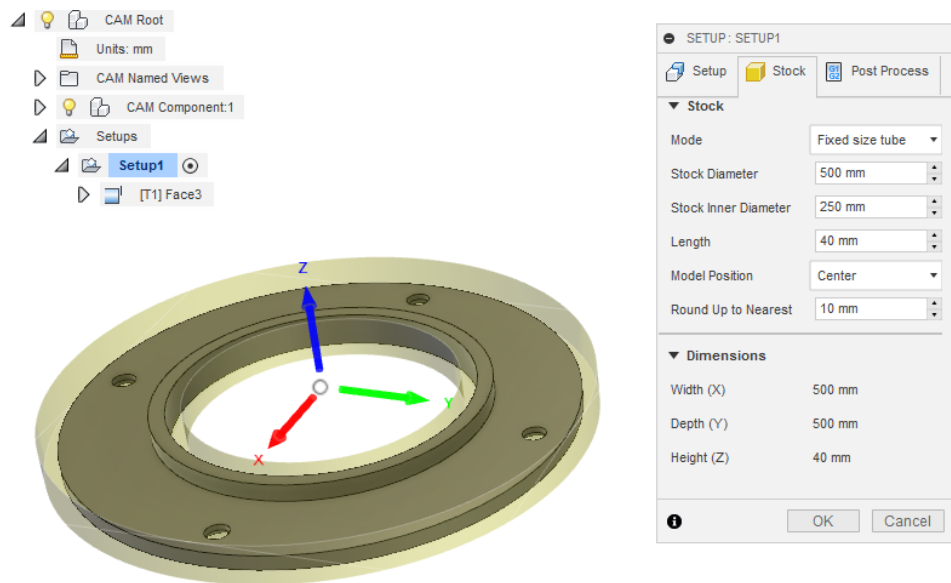


Figura 56 - Definição dimensões matéria-prima

Depois de definida a matéria-prima é necessário começar a indicar quais as operações a serem feitas. A primeira será o facejamento da face para que este seja completamente perpendicular à lateral e para ficar com um melhor acabamento superficial.

Para definir uma determinada operação o primeiro passo será a selecção da ferramenta a ser utilizada, existe um catálogo com ferramentas pré definidas, ou então podemos formatar uma ferramenta à nossa medida a partir de um menu de edição. A figura 57 é o exemplo do menu de escolha de ferramentas pré-definidas pelo software.

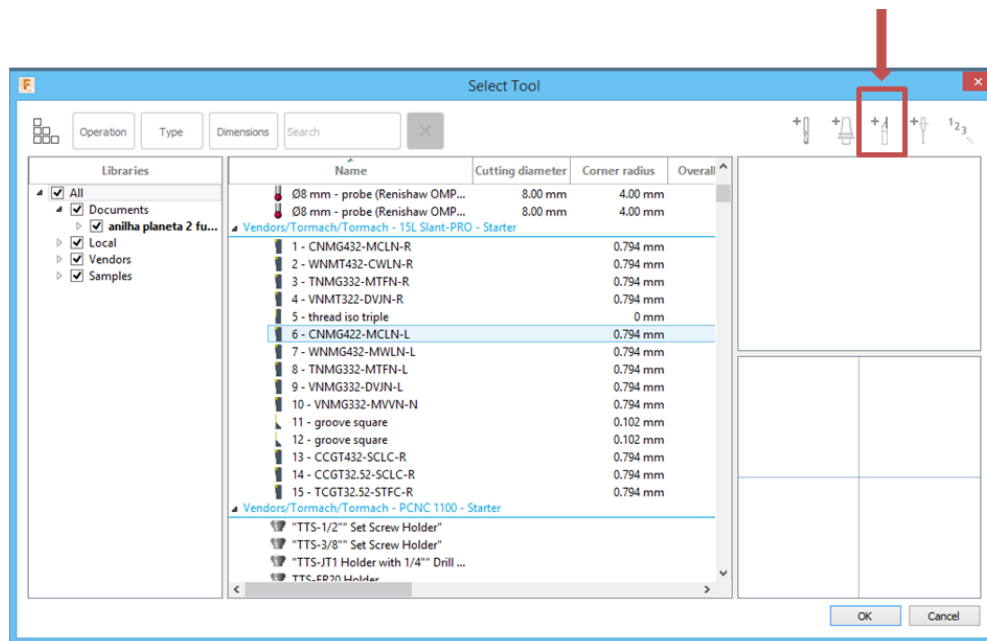


Figura 57 - Menu de selecção de ferramentas pré-definidas

Ao pressionar o botão assinalado na figura 57 abre o menu de introdução de ferramentas personalizadas exemplificado pela figura 58. Neste menu podemos definir todas as geometrias da ferramenta para se obter uma ferramenta diferente das pré-definidas pelo software.

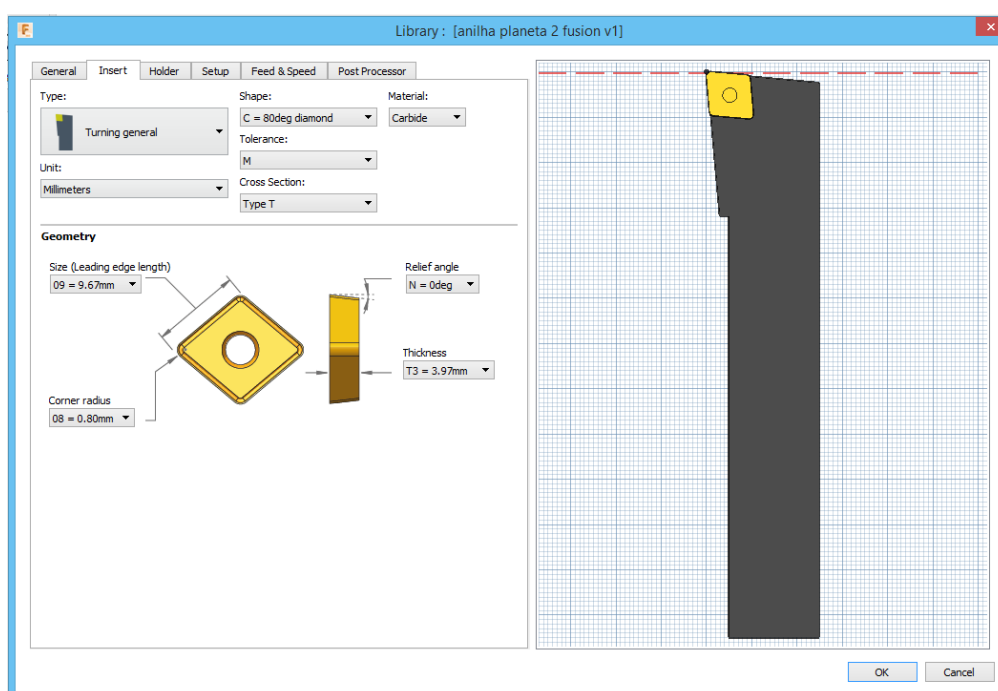


Figura 58 - Menu de personalização de ferramentas

Para concluir a definição da operação é necessário definir vários parâmetros como a velocidade de rotação da peça, e as velocidades de avanço da ferramenta.

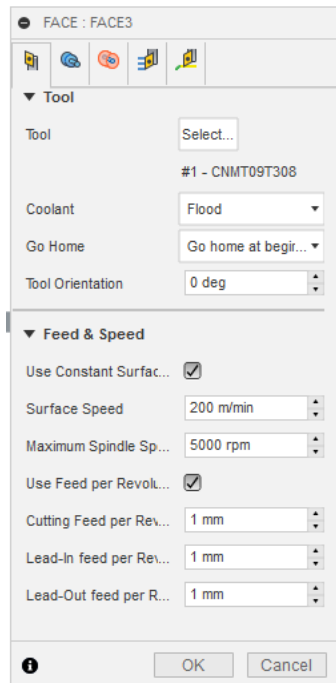


Figura 59 - Menu de definição das velocidades

É necessário ainda definir a área de trabalho da ferramenta dando o raio inicial e o raio final de passagem da ferramenta assim como uma folga para existir o movimento livre da ferramenta sem perigo de choque com a peça.

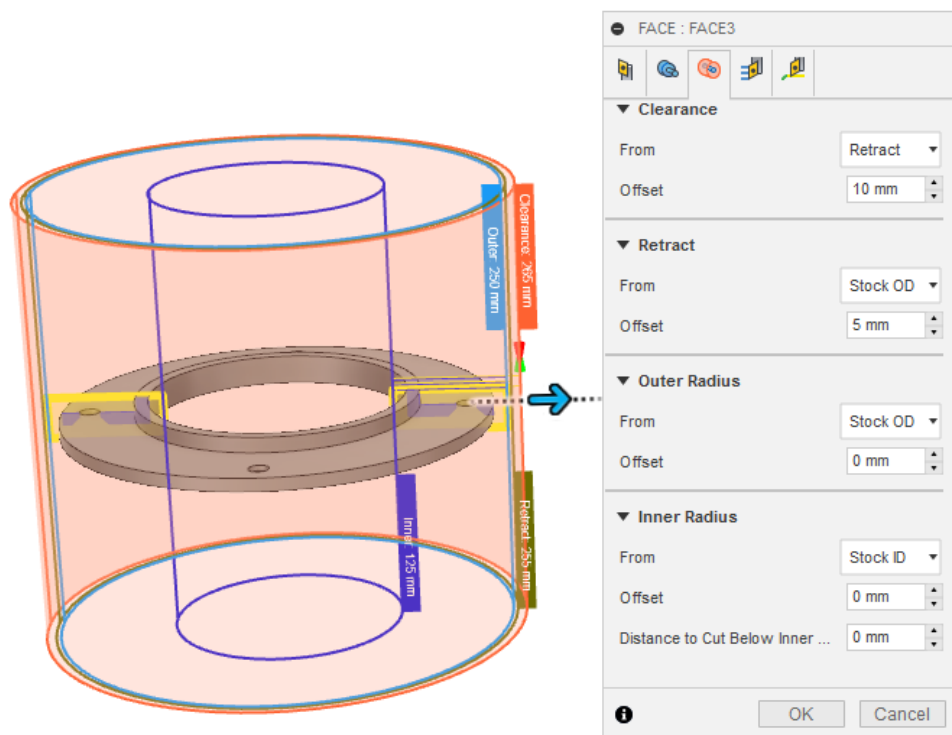


Figura 60 - Menu de definição de área de trabalho da ferramenta

O último passo para a definição da operação é introduzir os dados de quantas passagens vão existir para concluir a operação e qual o passo de cada passagem. Também pode-se definir se existem passagens de acabamento, quantas e com que profundidade de remoção de material.

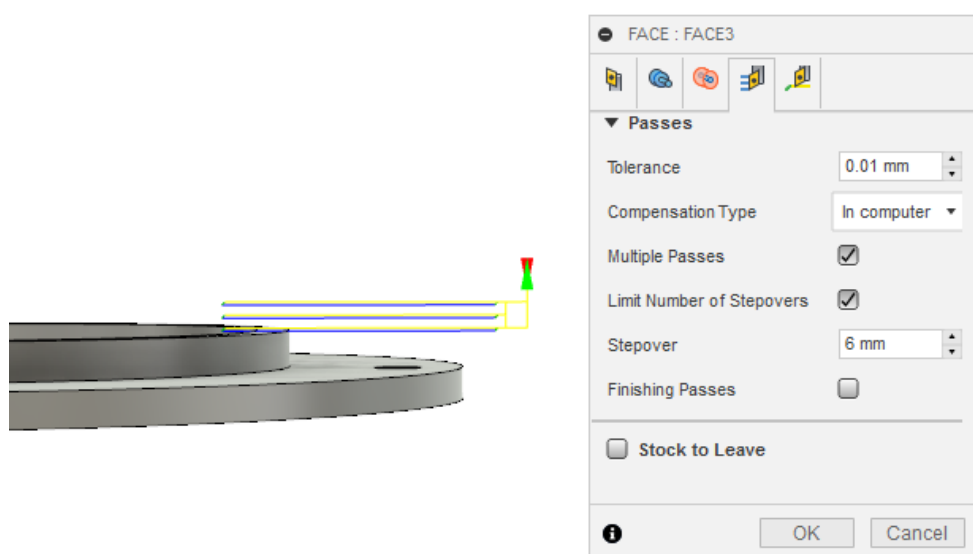


Figura 61 - Menu de definição dos passes

Com todos estes dados introduzidos pode-se agora fazer uma simulação, o menu de simulação e um momento da simulação encontram-se exemplificados na figura 62. Na simulação é mostrado um pequeno vídeo com o movimento da ferramenta e com a remoção gradual do material.

Estas simulações permitem detectar algum erro de posicionamento da ferramenta e evitar danificar a mesma. Através destas também se consegue definir por quanto tempo a peça tem de ser maquinada, podendo-se testar o uso de várias ferramentas e métodos para determinar qual a forma mais eficaz de maquinar a peça.

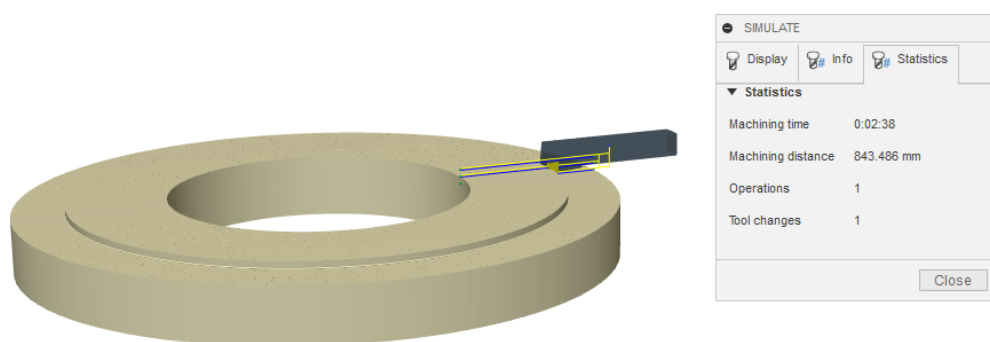


Figura 62 - Menu de simulação

## Ferramentas utilizadas e sequência de maquinagem

A maquinagem desta peça necessita do uso de quatro ferramentas distintas, e é maquinada em seis passos. Na tabela 21 estão numeradas e descritas as ferramentas utilizada.

Ferramenta nº	Descrição
1	Torneamento geral: CNMT Right Hand
2	Torneamento de interior: ID Boring
3	Broca de ponto motorizada: 50mm de diâmetro
4	Broca de furação motorizada: 22mm de diâmetro

Tabela 21 - Numeração das ferramentas

A maquinagem inicia-se com o facejamento da face e produção do ressalto existente, com a utilização da ferramenta 1.

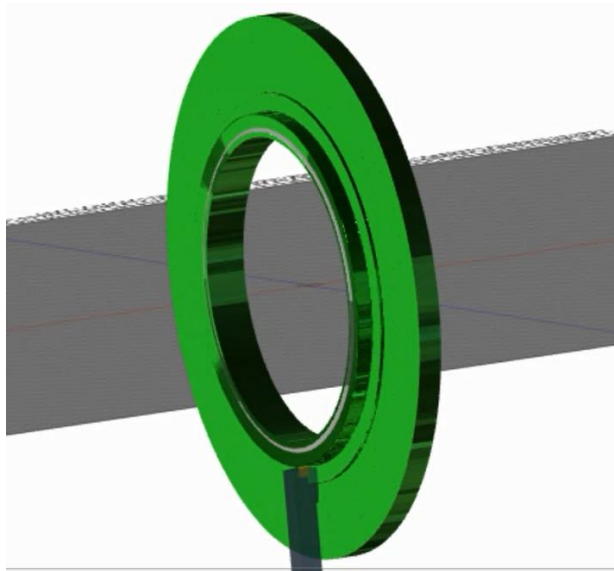


Figura 63- Primeiro passo de maquinagem da peça

Concluída a primeira face inicia-se o torneamento da face exterior da anilha, com a mesma ferramenta utilizada anteriormente, figura 64.



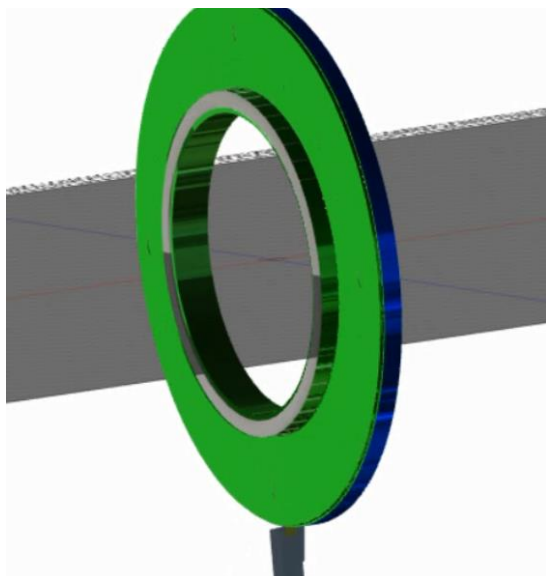


Figura 64 - Segundo passo de maquinagem da peça

Logo de seguida é feita uma troca de ferramenta, passa-se a utilizar a ferramenta nº2, e prossegue-se a maquinagem desta vez da superfície interior da anilha como exemplificado na figura 65.

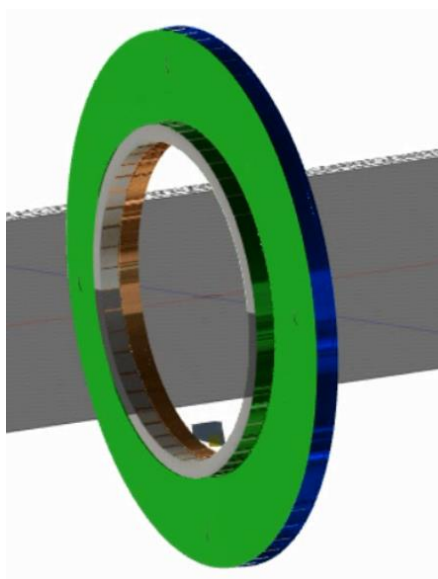


Figura 65 - Terceiro passo de maquinagem da peça

Terminada esta face faz-se novamente uma troca de ferramenta, troca-se a ferramenta 2 pela 1, e procede-se á maquinação da face do topo, exemplificada pela figura 66.

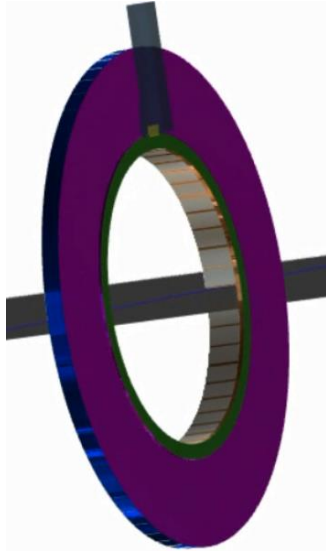


Figura 66 - Quarto passo de maquinação da peça

Estando as superfícies apenas falta fazer a furação, o que obriga mais uma vez a trocar de ferramenta, desta vez utiliza-se a ferramenta 3. Neste passo apenas é feito o chanfrado do furo como se pode ver na figura 67.

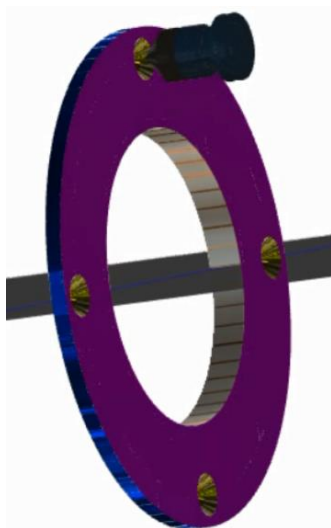


Figura 67 - Quinto passo de maquinação da peça

Por fim e para concluir a produção da peça é efectuado o furo passante através da utilização da ferramenta nº 4.

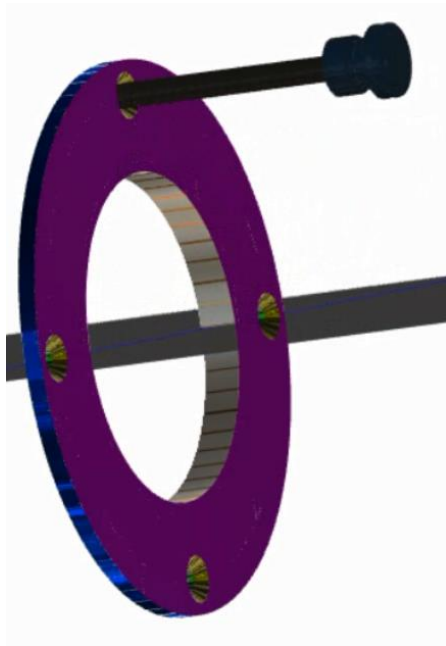


Figura 68 - Sexto passo de maquinagem da peça

A maquinagem da peça fica assim concluída, segue no anexo M a ficha de configuração do programa para a maquinagem desta peça, elaborada pelo colaborador da Haas, Óscar Pereira, que tem uma elevada experiência em maquinagem CNC. As ferramentas utilizadas também foram sugestão dele assim a sequência de maquinagem que deveria ser adoptada.

## 10 – Conclusão

Durante o projecto foram feitas várias alterações ao projecto inicial do Tiago Leça, alterações estruturais e funcionais assim como alterações estéticas. As alterações estruturais e funcionais foram necessárias ser aplicadas pois o projecto inicial não apresentava condições que permitissem o seu funcionamento. Já as alterações estéticas foram feitas apenas para facilitar o processo de fabrico.

Ao efectuar este projecto fiquei com a noção de quanto trabalho existe por trás de cada objecto que é projectado e produzido. Para projectos desta envergadura será sempre necessário uma equipa de várias pessoas especializadas em diferentes áreas para se obter os melhores resultados. É de extrema dificuldade encontrar uma única pessoa que tenha os conhecimentos plenos de todas as necessidades desde o dimensionamento até à produção.

Este projecto foi uma grande mais-valia para a minha formação, consegui obter conhecimentos aprofundados em algumas áreas em específico, enquanto anteriormente os meus conhecimentos eram apenas superficiais.

No futuro seria interessante produzir um modelo à escala deste projecto, para ser utilizado como objecto de ensino. Em iniciação ao projecto seria óptimo os alunos terem contacto com algo palpável e com as várias soluções encontradas para cada problema existente.

## Bibliografia

[1] – Leça, T.C., Turbina Eólica Anteprojecto dos elementos mecânicos de uma turbina eólica, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 02/06/2017

[2] – Haas Factory Outlet – Portugal, HAAS Factory Outlet, último acesso em: 08/06/2018, disponível em: [http://haasportugal.com/hfo\\_about](http://haasportugal.com/hfo_about)

[3] – Haas Automation Inc , Histórico da Haas, último acesso em: 08/06/2018, disponível em: [http://int.haascnc.com/about\\_history.asp?intLanguageCode=104](http://int.haascnc.com/about_history.asp?intLanguageCode=104)

[4] – Redacção Industria Hoje, O processo de corte a Laser, 18/05/2013, último acesso em: 11/06/2018, disponível em: <https://www.industriahoje.com.br/o-processo-de-corte-a-laser>

[5] – Mecânica industrial, O que é um corte a laser industrial, 2018, último acesso em 11/06/2018, disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/510-o-que-e-um-corte-a-laser-industrial/>

[6] – Como funciona o corte a jato de Água, último acesso em: 11/06/2018, disponível em: <http://www.ducortewj.com.br/saiba.html>

[7] – LGV, Benefícios do Jacto de Água e corte Com Jacto a Água, 2010, último acesso em 11/06/2018, disponível em: <http://www.cortejatoagua.com.br/corte-jato-de-agua>

[8] – Sermec, Corte a jacto de Água, 2013, último acesso em 11/06/2018, disponível em: <http://www.sermecclaser.com/index.php/servicos-laser/jato-de-agua>

[9] – Condor, Oxicorte, 2006, último acesso em 12/06/2018, disponível em: <http://www.condornet.com.br/condor/por/conhecimento/oxicorte.cfm>

[10] – Alusolda, Principais características do Oxicorte, 2018, último acesso em: 12/06/2018, disponível em: <http://www.alusolda.com.br/conteudo/principais-caracteristicas-do-oxicorte.html>

[11] – Portal São Francisco, Oxicorte – O que é, 2018, último acesso em: 12/06/2018, disponível em: <https://www.portalsaofrancisco.com.br/quimica/oxicorte>

[12] – Portal Metálica Construção civil, O processo de corte de Metais por Plasma, último acesso em: 12/06/2018, disponível em: <http://wwwo.metalica.com.br/o-processo-de-corte-de-metais-por-plasma>

[13] – Messer Cutting, Corte a plasma Rápido, Preciso e de Alta Qualidade, 2018, último acesso em: 12/06/2018, disponível em: <http://www.messer-cs.com/pt/south-america/processos/corte-a-plasma/>

[14] – Alusolda, Principais características do processo de corte Plasma, 2018, último acesso em 12/16/2018, disponível em: <http://www.alusolda.com.br/conteudo/principais-caracteristicas-do-processo-de-corte-plasma.html>

[15] – Ladeira, Eurico, Tecnologia de fabrico , ISMAI, Setembro de 2013, último acesso em 12/06/2018, disponível em: <http://www.ebah.com.br/content/ABAAAUK4AD/procfab-01-torno>

[16] – Torneamento, último acesso em 12/06/2018, disponível em: <http://mmborges.com/processos/USINAGEM/TORNEAMENTO.htm>

[17] – Silva, Maria A. P. S., Fresadoras, 9/06/2014, último acesso em: 12/06/2018, disponível em: <https://pt.slideshare.net/ceu6579/06-fresagemfresadoras>

[18] – Fresagem, último acesso em: 12/06/2018, disponível em: <http://essel.com.br/cursos/material/01/ProcessosFabricacao/41proc3.pdf>

[19] – ESAB, Processo de Soldagem: Eletrodo Revestido (MMA/SMW), 2018, último acesso em 12/06/2018, disponível em: [http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo\\_soldagem\\_eletrodo\\_revestido\\_mma\\_smaw.cfm](http://www.esab.com.br/br/pt/education/blog/processo_soldagem_eletrodo_revestido_mma_smaw.cfm)

[20] – Fernandes, Italo, Processo de Soldadura MIG/MAG – 131/135 GMAW, Instituto de Soldadura e Qualidade, último acesso em: 12/06/2018, disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571251654/Processo>

[21] – Telwin, Soldadura MIG-MAG, último acesso em: 12/06/2018, disponível em: <http://www.telwin.com/pt/telwin-academy/saldatura/mig-mag-welding/>

[22] – Gasin, Soldadura TIG, 2018, último acesso em 13/06/2018, disponível em: <http://www.gasin.com/industries/Agriculture/Farming-Equipment/product-list/tig-welding-farming-equipment.aspx?itemId=B84B9784E4AD4749BFD1CEDC38142EA7>

[23] – Siltos Funchal, Soldadura Oxiacetilénica, último acesso em 13/06/2018, disponível em: <http://www.siltosfunchal.pt/index.php/gases/gases-soldadura-e-corte/soldadura-oxiacetilenica>

[24] – Ideal Solda, Principais Processos de Soldadura e Termos Técnicos, 26/02/2018, último acesso em: 13/06/2018, disponível em: <https://www.idealsolda.pt/post/principais-processos-de-soldadura-e-termos-tecnicos>

[25] - Fernandes, Italo, Processo de Soldadura por Arco Submerso SAS/12X/SAW, Instituto de Soldadura e Qualidade, último acesso em: 13/06/2018 disponível em: <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/3779571251655/Processo>

[26] – Norelem, 28016 Bujões com colar e sextavado externo Din 910, último acesso em: 04/06/2018, disponível em: [https://www.norelem.com/xs\\_db/DOKUMENT\\_DB/www/NORELEM/DataSheet/pt/28/28016\\_Datasheet\\_18358\\_Buj\\_es\\_com\\_colar\\_e\\_sextavado\\_externo\\_DIN\\_910--pt.pdf](https://www.norelem.com/xs_db/DOKUMENT_DB/www/NORELEM/DataSheet/pt/28/28016_Datasheet_18358_Buj_es_com_colar_e_sextavado_externo_DIN_910--pt.pdf)

[27] – Koyo, Large Size Ball & Roller Bearings, Value & Technology, último acesso em: 22/03/2018, disponível em: <https://koyo.jtekt.co.jp/en/assets/file/pdf/catb2002e.pdf>

[28] – SKF, Rolling bearings, 09/2016, último acesso em: 16/03/2018, disponível em: <http://www.skf.com/binary/77-121486/SKF-rolling-bearings-catalogue.pdf>

[29] – Freudenberg Simrit, Simmerrings and Rotary Seals catalog 2007, 20017, último acesso em: 26/03/2018, disponível em: <http://docs-europe.electrocomponents.com/webdocs/131e/0900766b8131e7a8.pdf>

[30] – Parker, O-ring Guide, 07/2015, último acesso em: 27/03/2018, disponível em:

[http://www.parkerhannifin.ru/upload/iblock/3bd/catalog\\_o\\_ring\\_guide\\_ode5712\\_en.pdf](http://www.parkerhannifin.ru/upload/iblock/3bd/catalog_o_ring_guide_ode5712_en.pdf)

[31] – Doppler Gear Company, Doppler Gear TechBit: DIN5480 Spline Decoder, Março de 2006, último acesso em: 16/03/2018, disponível em: [http://dopplergear.com/wp-content/uploads/2015/09/DopplerGear\\_TechBit\\_DIN5480\\_Splines.pdf](http://dopplergear.com/wp-content/uploads/2015/09/DopplerGear_TechBit_DIN5480_Splines.pdf)

[32] – Spline connections with involute splines based on reference diameters, último acesso em: 16/03/2018, disponível em: <https://pt.scribd.com/document/349295818/DIN-5480-2-pdf>

[33] – Morais, José M. S., Desenho Técnico Básico 3, Gráficos Reunidos, 24ª edição, Dezembro 2007

[34] – George, High performance lathes Georg Ultraturn, último acesso em: 01/05/2018, disponível em: <https://www.georg.com/international/en/products/machine-tools/high-performance-lathes/>

[35] – Pietro Carnaghi Machine Tools, Vertical Lathes AC series Single frame design (mm 1600-3200), 2014, último acesso em: 02/05/2018, disponível em: <https://www.pietrocarnaghi.it/template.php?page=ac-single-frame&lang=en&id=16>

[36] – TCI cutting, Maquinas de corte a jato de água, último acesso em: 01/05/2018, disponível em: <http://www.tcticutting.com/pt-pt/maquinas-de-corte-tci-cutting/maquinas-de-corte-a-jato-de-agua-bp-s/>

[37] – Oxyser, Vulcano 3000/4000/5000/6000, 2015, último acesso em: 01/05/2018, disponível em: <http://www.oxyser.com/vulcano.php>

[38] – Ficep, Forging Machinery Presses DD, 2015, último acesso em: 15/05/2018, disponível em: <http://www.ficepgroup.com/ficep/dd/>



[39] – Nutec Bickley, Forging Furnace, 2018, último acesso em: 16/05/2018, disponível em: <http://www.nutecbickley.com/what-we-do/metal-furnaces-and-ovens/industries-for-metals/forging-furnace/>

[40] – Kemppi, Kemppi k8 welding equipment X8 MIG Welder The Future Of Welding Is Here, último acesso em: 30/05/2018, disponível em: [https://kemppi.studio.crasman.fi/pub/web/pdf/kemppi\\_x8-mig-welder\\_en\\_US.pdf](https://kemppi.studio.crasman.fi/pub/web/pdf/kemppi_x8-mig-welder_en_US.pdf)

[41] – Haas Automation Inc, Equipamentos verticais CNC: Fresadora, último acesso em: 02/05/2018, disponível em: [http://int.haascnc.com/mt\\_spec1.asp?intLanguageCode=1046&id=VM-2&webID=MOLD\\_MACHINE\\_VMC](http://int.haascnc.com/mt_spec1.asp?intLanguageCode=1046&id=VM-2&webID=MOLD_MACHINE_VMC)

[42] – Haas Automation Inc, Tornos CNC: 2 eixos, último acesso em 02/05/2018, disponível em: [http://int.haascnc.com/mt\\_spec1.asp?intLanguageCode=1046&id=ST-40&webID=2AXIS\\_STD\\_LATHE](http://int.haascnc.com/mt_spec1.asp?intLanguageCode=1046&id=ST-40&webID=2AXIS_STD_LATHE)

[43] – Cin, Guia de Esquema de Pintura Segundo EN ISSO 12944-5:2007, Junho de 2013, último acesso em: 30/05/2018, disponível em: <http://www.cin-protective.com/portal/portal/user/anon/page/scpnormas.psml?categoryOID=6B828080808780GC&contentid=B482808380CO&nl=pt>

# ANEXOS

## **Anexo A: Tolerâncias de veios e furos do catálogo SKF**

### Fits for solid steel shafts

#### Radial bearings with a cylindrical bore<sup>1)</sup>

##### Conditions

##### Examples

#### Rotating inner ring load or direction of load indeterminate

Light and variable loads ( $P \leq 0,05 C$ )

Conveyors, lightly loaded gearbox bearings

Normal to heavy loads ( $P > 0,05 C$ )

General bearing applications, electric motors, turbines, pumps, gearing, wood-working machines

Heavy to very heavy loads and shock loads under difficult operating conditions ( $P > 0,1 C$ )

Axleboxes for heavy railway vehicles, traction motors, rolling mills, wind turbines

High demands on running accuracy with light loads ( $P \leq 0,05 C$ )<sup>2)</sup>

Machine tools (precision class bearings)

#### Stationary inner ring load

Easy axial displacement of inner ring on shaft desirable

Wheels on non-rotating axles

Easy axial displacement of inner ring on shaft unnecessary

Tension pulleys, rope sheaves

#### Axial loads only

Bearing applications of all kinds

<sup>1)</sup> For needle roller bearings → *Shaft and housing tolerances*, page 716. For Y-bearings → *Shaft tolerances*, page 450.

<sup>2)</sup> All ISO tolerance classes are valid with the envelope requirement (such as H7/E) in accordance with ISO 14405-1.

<sup>3)</sup> Ball bearings under normal to heavy loads ( $P > 0,05 C$ ) often require radial internal clearance greater than Normal when the shaft tolerance classes listed above are used. If radial clearance is greater than Normal, but the operating conditions require tighter fits to prevent the inner ring from creeping, use the following tolerance classes:

- k4(E) for shaft diameters 10 to 17 mm
- k5(E) for shaft diameters > 17 to 25 mm
- m5(E) for shaft diameters > 25 to 140 mm
- n6(E) for shaft diameters > 140 to 300 mm
- p6(E) for shaft diameters > 300 to 500 mm

For additional information, contact the SKF application engineering service.

Do not use tighter fits for stainless steel bearings.

<sup>4)</sup> The tolerance in brackets applies to stainless steel bearings.

<sup>5)</sup> For stainless steel bearings within the diameter range 17 to 30 mm, tolerance class j5(E) applies.

Table 2

Shaft diameter [mm] Ball bearings <sup>3)</sup>	Cylindrical roller bearings	Tapered roller bearings	CARB and spherical roller bearings	Tolerance class <sup>2)</sup>
≤ 17	–	–	–	js5 (h5) <sup>4)</sup>
> 17 to 100	≤ 25	≤ 25	–	j6 (j5) <sup>4)</sup>
> 100 to 140	> 25 to 60	> 25 to 60	–	k6
–	> 60 to 140	> 60 to 140	–	m6
≤ 10	–	–	–	js5
> 10 to 17	–	–	–	j5 (js5) <sup>4)</sup>
> 17 to 100	–	–	< 25	k5 <sup>5)</sup>
–	≤ 30	≤ 40	–	k6
> 100 to 140	> 30 to 50	–	25 to 40	m5
> 140 to 200	–	> 40 to 65	–	m6
–	> 50 to 65	–	> 40 to 60	n6 <sup>6)</sup>
> 200 to 500	> 65 to 100	> 65 to 200	> 60 to 100	n6 <sup>6)</sup>
–	> 100 to 280	> 200 to 360	> 100 to 200	p6 <sup>7)</sup>
> 500	–	–	–	p7 <sup>8)</sup>
–	> 280 to 500	> 360 to 500	> 200 to 500	r6 <sup>6)</sup>
–	> 500	> 500	> 500	r7 <sup>6)</sup>
–	> 50 to 65	–	> 50 to 70	n5 <sup>6)</sup>
–	> 65 to 85	> 50 to 110	–	n6 <sup>6)</sup>
–	> 85 to 140	> 110 to 200	> 70 to 140	p6 <sup>8)</sup>
–	> 140 to 300	> 200 to 500	> 140 to 280	r6 <sup>9)</sup>
–	> 300 to 500	–	> 280 to 400	s6 <sub>min</sub> ± IT6/2 <sup>8)</sup>
–	> 500	> 500	> 400	s7 <sub>min</sub> ± IT7/2 <sup>8)</sup>
8 to 240	–	–	–	js4
–	25 to 40	25 to 40	–	js4 (j5) <sup>10)</sup>
–	> 40 to 140	> 40 to 140	–	k4 (k5) <sup>10)</sup>
–	> 140 to 200	> 140 to 200	–	m5
–	> 200 to 500	> 200 to 500	–	n5
				g6 <sup>12)</sup>
				h6
≤ 250	–	≤ 250	≤ 250	j6
> 250	–	> 250	> 250	js6

<sup>6)</sup> Bearings with radial internal clearance greater than Normal may be necessary.

<sup>7)</sup> Bearings with radial internal clearance greater than Normal are recommended for  $d \leq 150$  mm. When  $d > 150$  mm, bearings with radial internal clearance greater than Normal may be necessary.

<sup>8)</sup> Bearings with radial internal clearance greater than Normal are recommended.

<sup>9)</sup> Bearings with radial internal clearance greater than Normal may be necessary. For cylindrical roller bearings, radial internal clearance greater than Normal is recommended.

<sup>10)</sup> The tolerance class in brackets applies to tapered roller bearings. For lightly loaded tapered roller bearings adjusted via the inner ring, tolerance class js5 (E) or js6 (E) should be used.

<sup>11)</sup> For a high degree of running accuracy, bearings with higher precision than Normal are required. The tolerances for the bore and outside diameter are tighter, which has an influence on the probable fits. To obtain relevant values, contact the SKF application engineering service.

<sup>12)</sup> Tolerance class f6 (E) can be selected for large bearings to facilitate axial displacement on the shaft.

Table 4

**Fits for cast iron and steel housings (for radial bearings)<sup>1)</sup>**

Conditions	Examples	Tolerance class <sup>2) 3)</sup>	Displacement of the outer ring
<b>Stationary outer ring load</b> (split or non-split housings)			
Loads of all kinds	General engineering, railway axleboxes	H7 <sup>4)</sup>	Can be displaced
Light to normal loads ( $P \leq 0,1 C$ ) with simple working conditions	General engineering	H8	Can be displaced
Thermal expansion of the shaft	Drying cylinders, large electrical machines with spherical roller bearings	G7 <sup>5)</sup>	Can be displaced
<b>Rotating outer ring load</b> (non-split housings only)			
Heavy loads on bearings in thin-walled housings, heavy shock loads ( $P > 0,1 C$ )	Roller bearing wheel hubs, big-end bearings	P7	Cannot be displaced
Normal to heavy loads ( $P > 0,05 C$ )	Ball bearing wheel hubs, big-end bearings, crane travelling wheels	N7	Cannot be displaced
Light and variable loads ( $P \leq 0,05 C$ )	Conveyor rollers, rope sheaves, belt tensioner pulleys	M7	Cannot be displaced
<b>Direction of load indeterminate</b>			
Heavy shock loads (non-split housings only)	Electric traction motors	M7	Cannot be displaced
Normal to heavy loads ( $P > 0,05 C$ ), axial displacement of outer ring unnecessary (non-split housings only)	Electric motors, pumps, crankshaft bearings	K7	In most cases, cannot be displaced
Light to normal loads ( $P \leq 0,1 C$ ), axial displacement of outer ring desirable (split or non-split housings)	Medium-size electric motors and generators, pumps, crankshaft bearings	J7	In most cases, can be displaced, but some (induced) axial force might occur

<sup>1)</sup> For drawn cup, alignment and combined needle roller bearings → *Shaft and housing tolerances*, page 716.

<sup>2)</sup> All ISO tolerance classes are valid with the envelope requirement (such as H7(Ⓔ)) in accordance with ISO 14405-1.

<sup>3)</sup> For ball bearings, when  $D \leq 100$  mm, IT6 tolerance grade is often preferable and is recommended for bearings with thin-walled rings, such as in the 7, 8 or 9 diameter series. For these series, total radial run-out tolerances IT4 are also recommended.

<sup>4)</sup> For large bearings ( $D > 250$  mm) or temperature differences between the outer ring and housing  $> 10^\circ\text{C}$  ( $18^\circ\text{F}$ ), tolerance class G7(Ⓔ) should be used instead of tolerance class H7(Ⓔ).

<sup>5)</sup> For large bearings ( $D > 500$  mm) or temperature differences between the outer ring and housing  $> 10^\circ\text{C}$  ( $18^\circ\text{F}$ ), tolerance class F7(Ⓔ) should be used instead of tolerance class G7(Ⓔ).

## **Anexo B: Ficha técnica TCI cutting BP-S 3060**

# BP-S<sup>®</sup> Series (Standard)



**Flexibility and adaptability** are key to remain competitive in today's market where new challenges are constantly posed. This is why **TCI Cutting** has developed the BP-S Series.

The modular construction of these machines facilitates transport and offers customers greater flexibility, allowing future expansions by adding new modules, a second head or a new bridge with more heads.

The possibilities to adapt the configuration of the machine to the customer's needs are endless.

Models	Dimensions
BP-S 3015	3000x1500x200 mm
BP-S 3020	3000x2000x200 mm
BP-S 2040	2000x4000x200 mm
BP-S 3060	3000x6000x200 mm
BP-S 3080	3000x8000x200 mm
BP-S 4060	4000x6000x200 mm
BP-S 4080	4000x8000x200 mm

Characteristics	Technical Data
Maximum thickness of the workpiece	200 mm
Maximum permitted load	790 kg/m <sup>2</sup>
Number of cutting heads	1 to 4
Maximum number of bridges	4
Maximum simultaneous positioning speed	85 m/min
Maximum cutting speed	20 m/min
Machine tolerance in accordance with VDI/DGQ 3441	± 0.05 mm/m
Repeatability precision	± 0.025 mm/m



## **Anexo C: Ficha técnica Oxyser Vulcano**



## ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS:

- Corte útil transversal: 2.500 mm a 6.000 mm
- Corte útil longitudinal: desde 3.000 mm (ilimitado)
- Estações de oxicorte: 1 - 8
- Estações de plasma: 1 - 2
- Velocidade em vazio: 30.000 mm/min.
- Espessuras: até 300 mm.
- Motorização: Servos AC
- Redutoras: Planetárias sem manutenção
- Ligações PC: Rede Ethernet (wifi ou cabo)
- Controlo remoto
- Entradas USB
- Programação ISO
- CNC - Num; Multieixos: 3-30 eixos
- Servomotores com encoder absoluto
- Sistema automático de gases
- Tipos de gases (oxicorte): Oxigénio, Ar, Propano / Butano
- Guias lineares com sistema de recirculação de esferas e lubrificante
- Possibilidade de incorporar bisel e marcador (micro-impacto, zinco, tinta ou laser)
- Sistema vídeo para efetuar ponto zero e alinhamento de chapa

Telefone de contacto: +34 923 19 02 36

Mais informação e produtos em: [www.oxyser.com](http://www.oxyser.com)

OXYSER S.L. Pol. Ind. Montalvo III, C/ Vertical Sexta, 30 - bajo  
37188, Carbajosa de la Sagrada, Salamanca, Espanha

Tel.: 923 19 02 36 [oxyser@oxyser.com](mailto:oxyser@oxyser.com) [www.oxyser.com](http://www.oxyser.com)



CERTIFICAZIONE  
DI PRODOTTO  
BUREAU VERITAS  
Certification



## VULCANO



#### **Anexo D: Ficha técnica Nutec Bickley, car-bottom furnaces.**



## CAR-BOTTOM FURNACES & OVENS

*Nutec Bickley provides a heavy duty line of car- bottom ovens and furnaces, from 30 ft<sup>3</sup> to over 3,500 ft<sup>3</sup> in custom designs to match customer production and process requirements.*

The car- bottom design offers a great advantage which is the ability to handle large / heavy loads as the product is loaded onto the car(s) when located outside the actual furnace area; this eliminates the damage to the furnace interiors during loading and unloading.



Nutec Bickley car-bottom furnaces and ovens are provided for temperature ranges from 300 °F to 2,350 °F to perform the following process applications:

- Flexible heat treating (from 500 °F to 2,100 °F)
- Annealing
- Tempering
- Curing
- Normalizing
- Preheating ceramic molds for investment casting
- Stress relieving
- Annealing of aluminum parts
- Preheating of steel molds and dies for hot processing
- Aging of aluminum extrusions, castings and non-ferrous alloy parts
- Homogenizing of aluminum logs and ingots
- Forging of complete large ingots and parts
- Solution heat treat of aluminum and non ferrous alloy parts



## **Anexo E: Ficha técnica Ficep DD 1100**

DD	DD 400
Screw diameter [mm]	510
Max. continuous force [kN]	41600
Gross energy [kJ]	652
Max stroke per minute [no.]	15
Ram stroke [mm]	800
Vertical clearance [mm]	1400
Horizontal clearance [mm]	1400

DD	DD 560
Screw diameter [mm]	560
Max. continuous force [kN]	50400
Gross energy [kJ]	860
Max stroke per minute [no.]	13
Ram stroke [mm]	900
Vertical clearance [mm]	1500
Horizontal clearance [mm]	1500

DD	DD 750
Screw diameter [mm]	630
Max. continuous force [kN]	64000
Gross energy [kJ]	1230
Max stroke per minute [no.]	11
Ram stroke [mm]	1000
Vertical clearance [mm]	1700
Horizontal clearance [mm]	1630

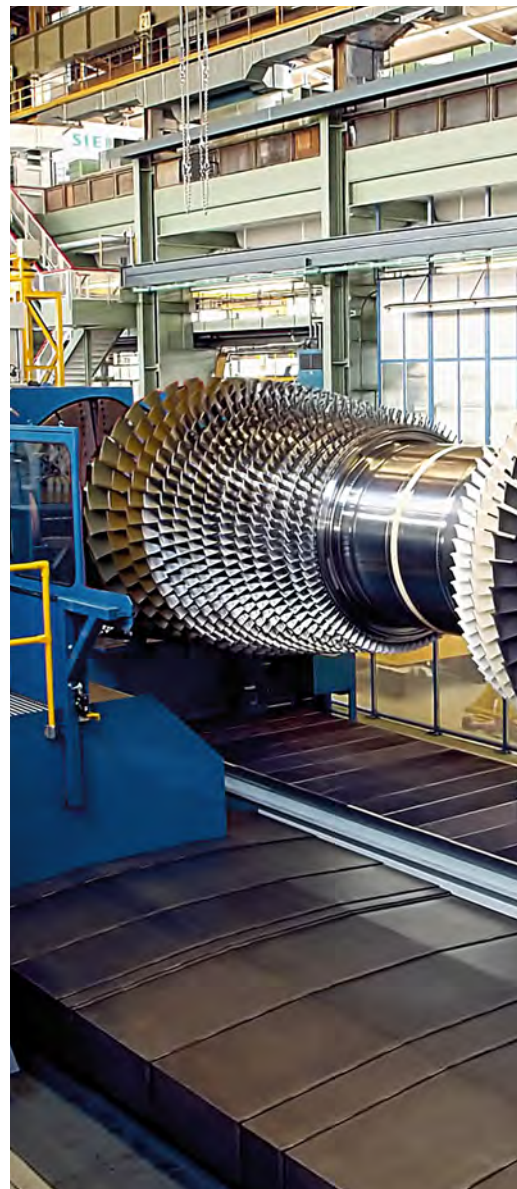
DD	DD 1100
Screw diameter [mm]	710
Max. continuous force [kN]	80600
Gross energy [kJ]	1700
Max stroke per minute [no.]	10
Ram stroke [mm]	1100
Vertical clearance [mm]	1800
Horizontal clearance [mm]	1800

## **Anexo F: Ficha técnica George ultraturn R**



## Features

- Machine concept suitable for heavy duty machining with cutting forces of up to 250 kN
- Carriage with tool slide and integrated drilling and milling unit
- Automatic changing of spindle heads
- CNC controlled workpiece measuring system
- All operations on only one machine, including turning, drilling, milling, grinding and measuring operations
- High long-term accuracy due to hydrostatic guideways
- Rough and finish machining on one machine
- Chip conveyor integrated in the machine bed
- Highly precise and backlash-free C-axis







## GEORG ultraturn

### Application

- > For machining of rolls, turbine and generator rotors as well as for general large part machining applications
- > In stationary and mobile design
- > For rough and finish machining
- > As single or double carriage machine with
  - > Tool slide carriage
  - > Turret head
  - > Tool slide carriage with integrated drilling and milling unit
  - > or as machining center with GEORG ultrahead interface and RAM f or complete machining

### Technical data

Turning diameter max. [mm]	7.000
Center width max. [mm]	25.000
Workpiece weight max. [to]	350
Cutting force max. [kN]	250

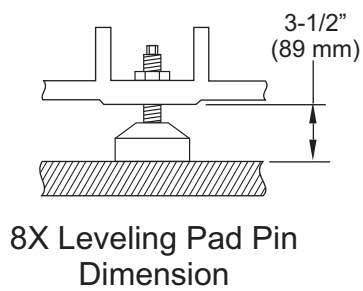


mit uns **technisch** überlegen

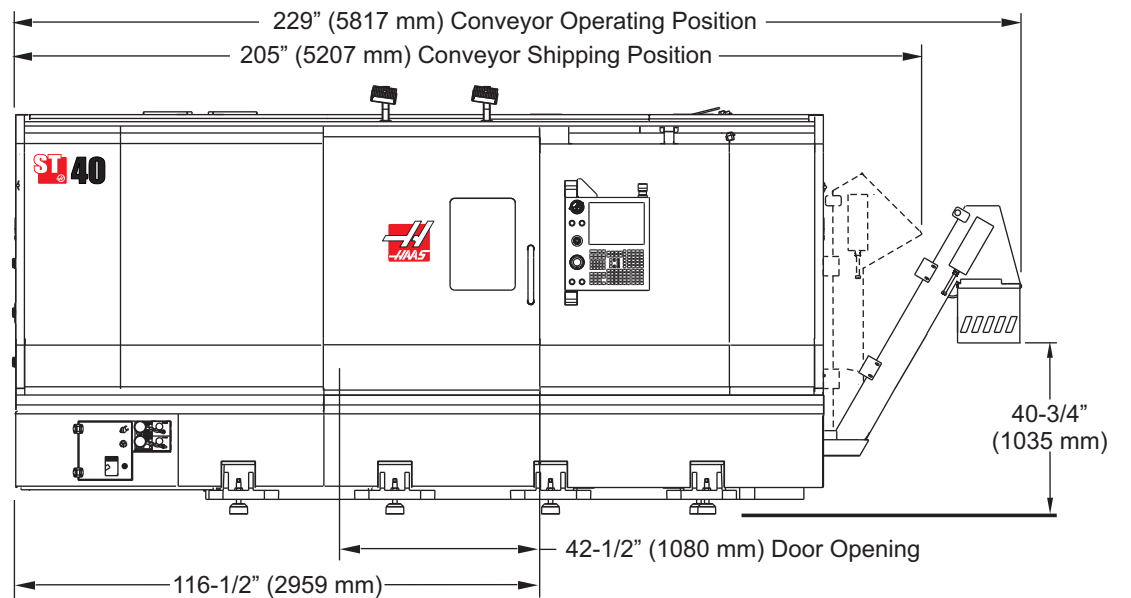
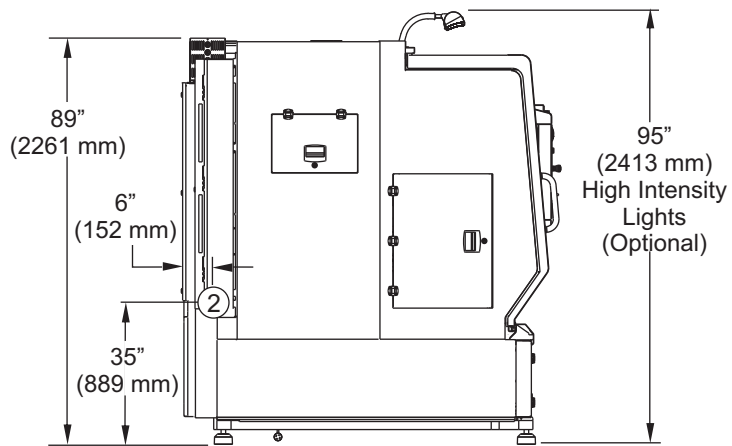
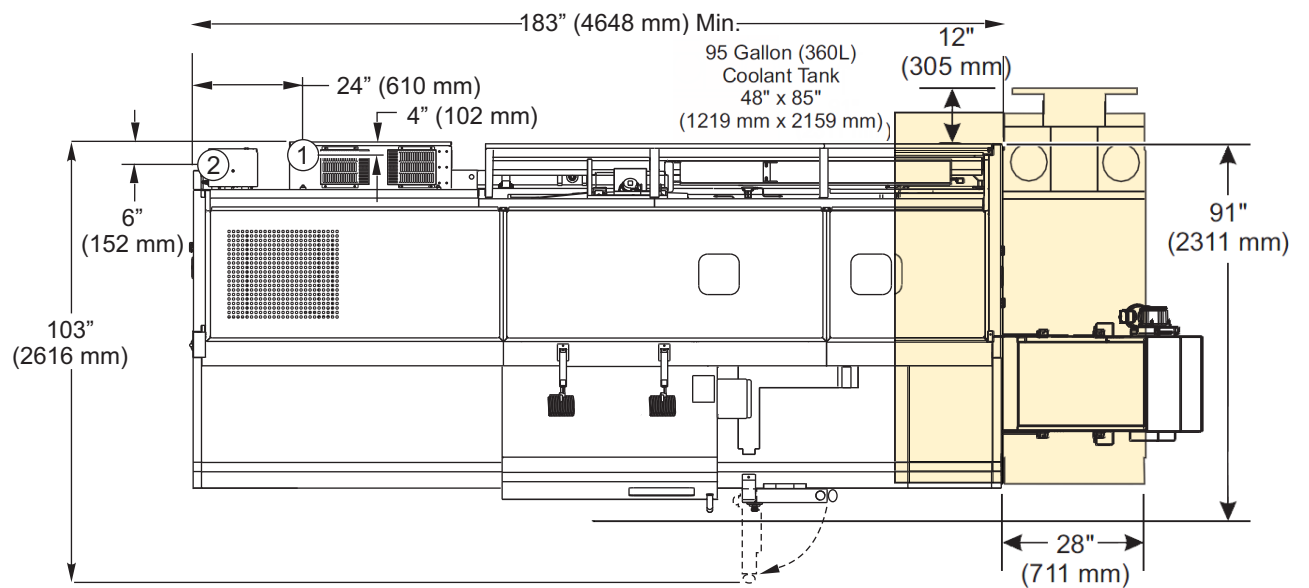
**machine tool division**

Lathes

## **Anexo G: Ficha técnica Haas ST40**

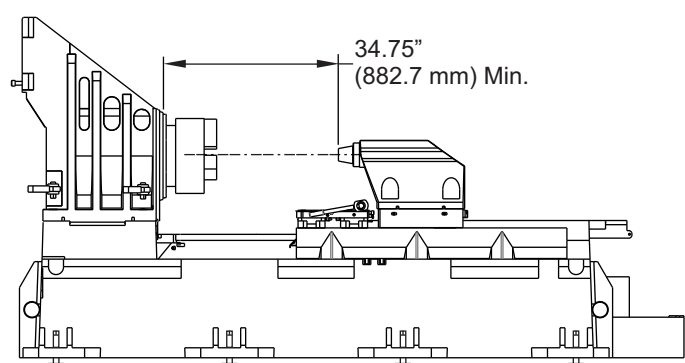
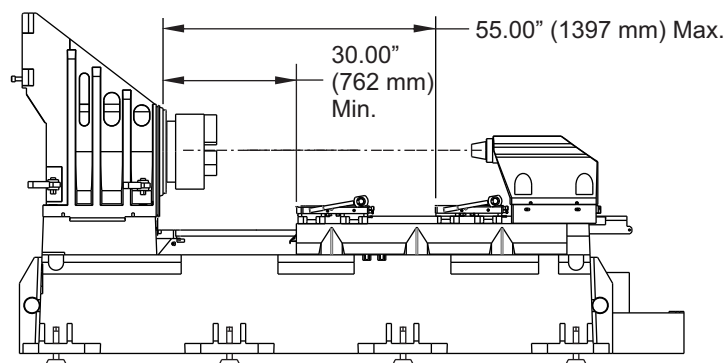
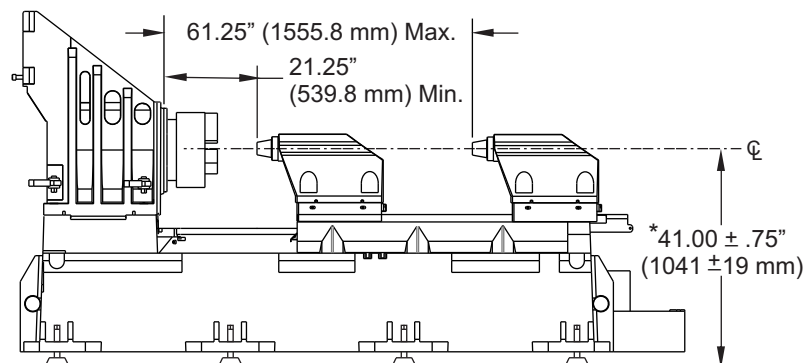
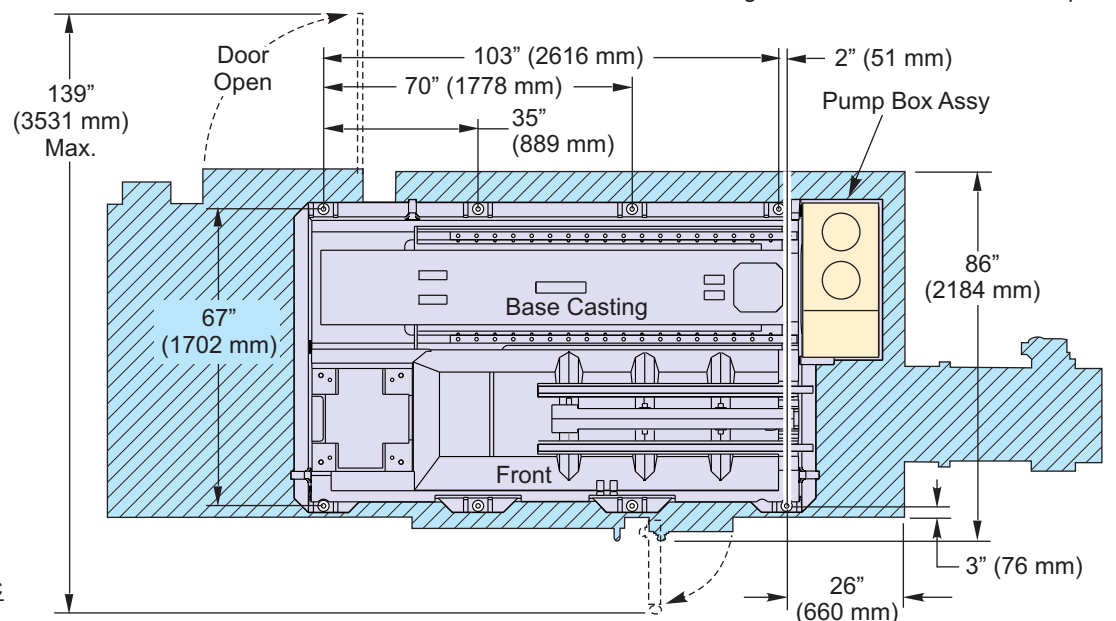
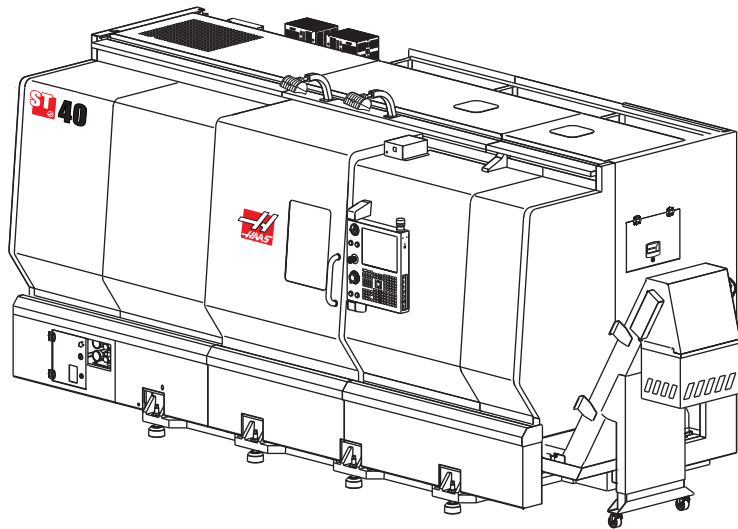


- ① Electrical Connection
- ② Air Connection

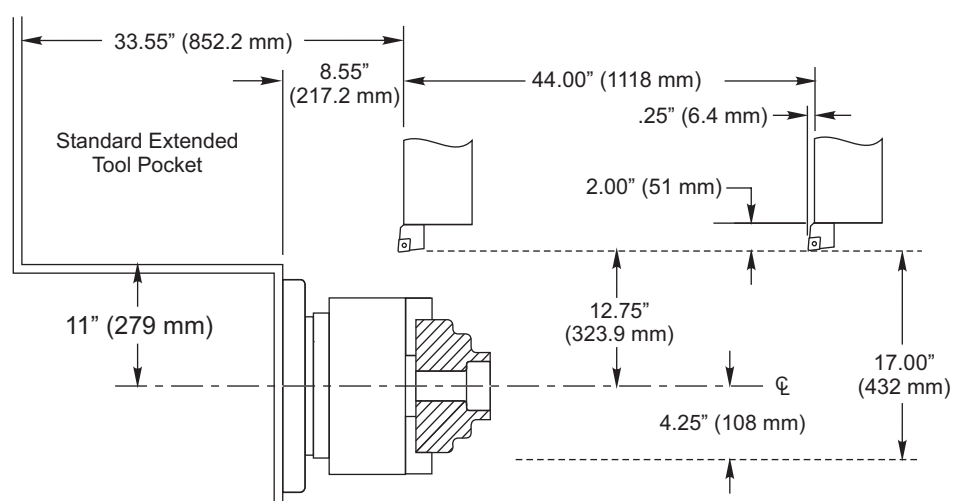


Minimum distance required to remove conveyor from lathe 156" (3962 mm).

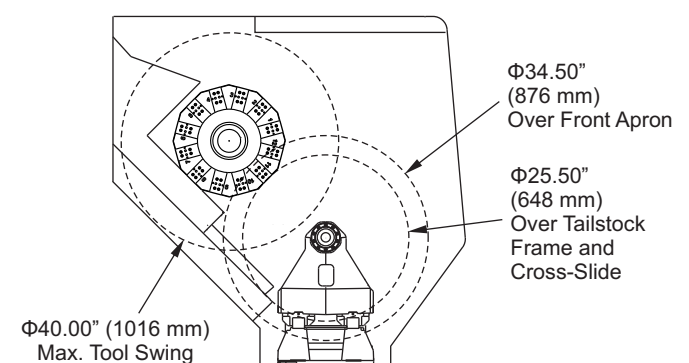
Minimum distance required to remove conveyor from lathe 110" (2794 mm) when conveyor is folded at 90 degrees and folded down as it is pulled out.



ST-40/45 Tailstock and Steady Rest Travel  
#5 Morse Taper

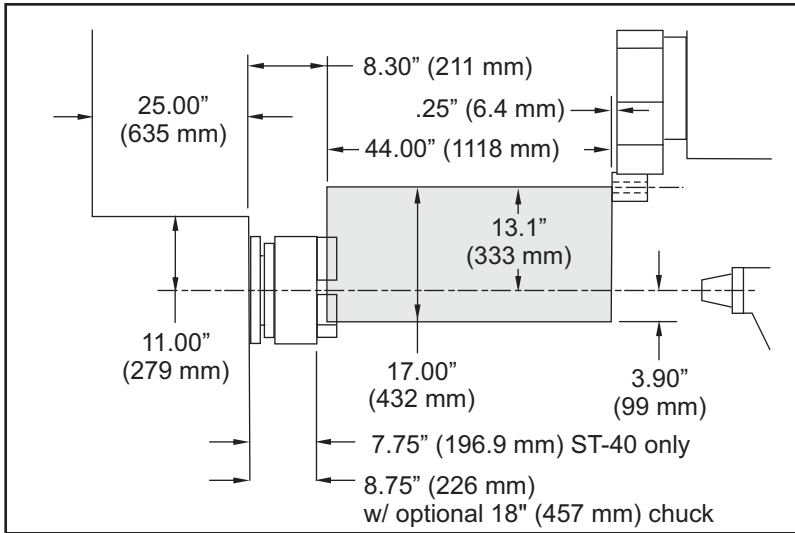
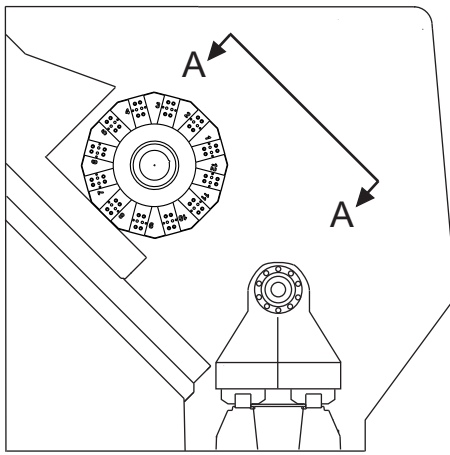


Axis Travels - ST-40/45 with Standard BOT

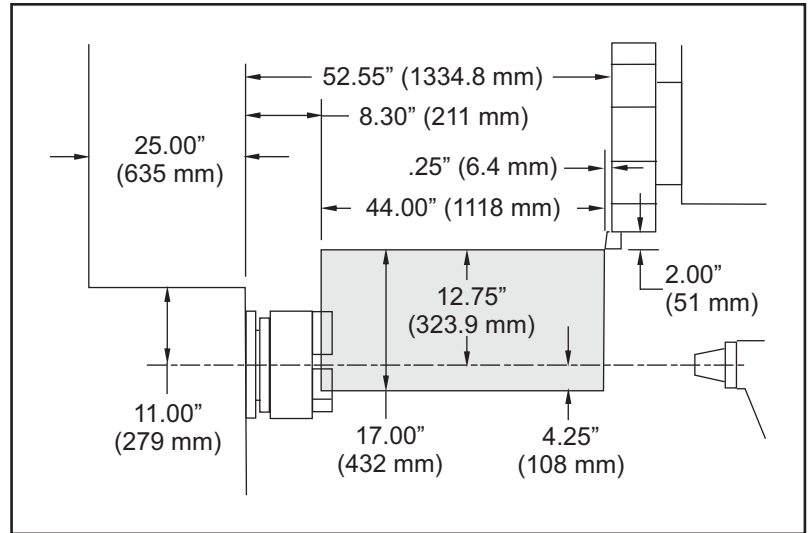


ST-40/45 Tool Swing Envelope  
Turret at Home Position  
12-Station BOT Turret Standard

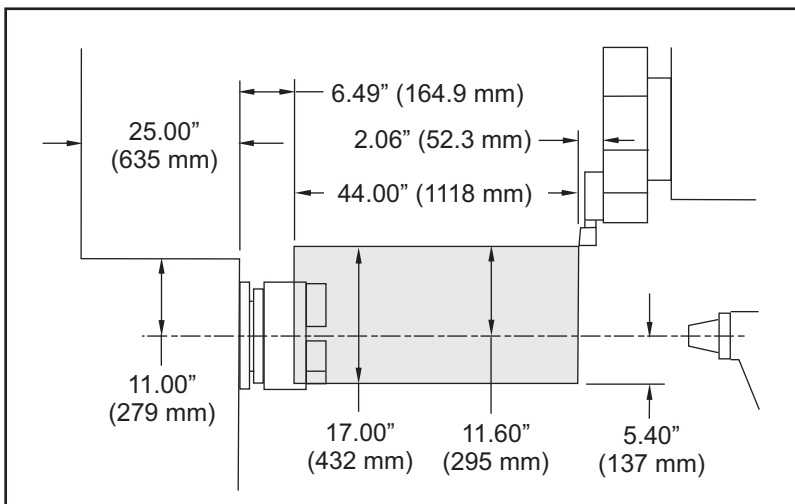




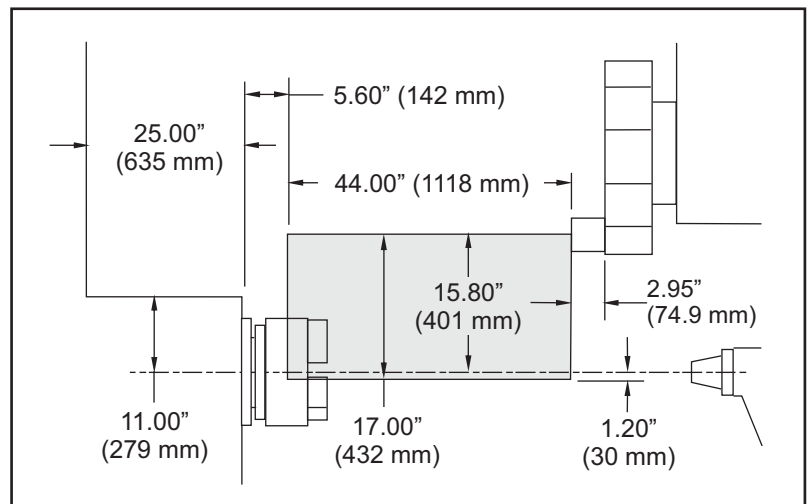
BOT/VB12 ID



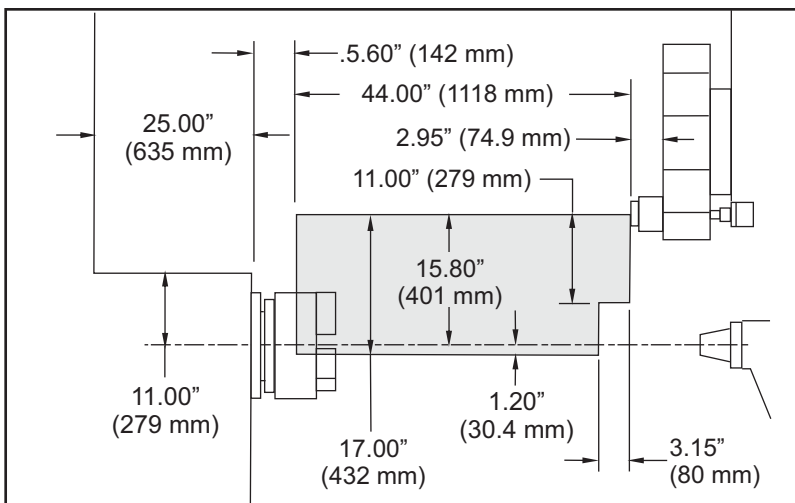
BOT/VB12 OD



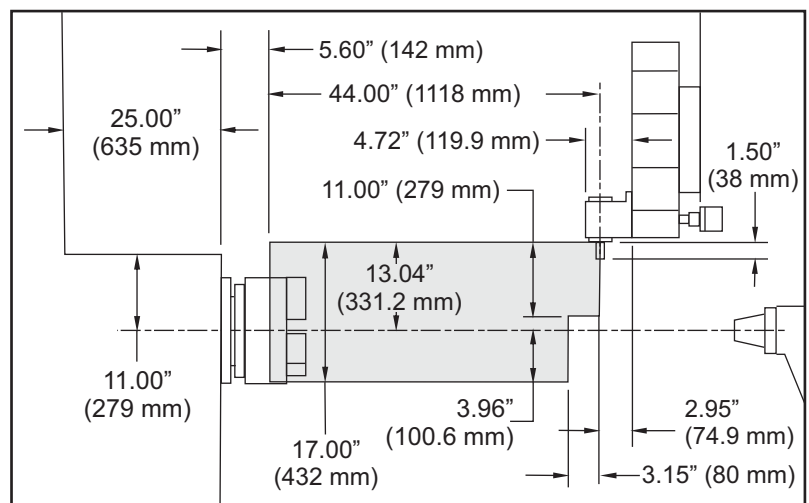
VB12 VDI OD



VB12 VDI ID

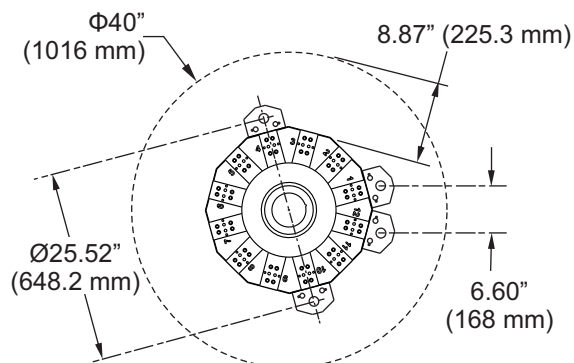


LIVE AXIAL TOOL

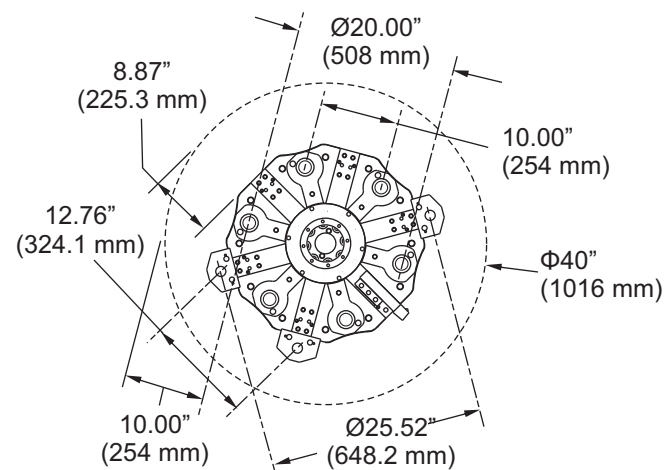


LIVE RADIAL TOOL

### View A-A ST-40/45 Cut Envelope Diagrams **NOTE:** No workholding standard on ST-45



12-Station BOT Turret Standard



12-Station Hybrid VB12 Turret Option

### ST-40/45 Tool Interference Drawings

## **Anexo H: Ficha técnica Pietro Carnaghi AC24T/TM**

## Vertical lathes

### AC Series Single frame design (mm 1600-3200)



The Pietro Carnaghi vertical turning centre model AC is designed and built in a compact form, with an extremely rigid thermo symmetrical structure, having the column mounted to the table base.

All these elements are assembled together in order to constitute a tough structure ensuring maximum stability and rigidity.

The movable crossrail is designed and sized to withstand severe cutting conditions.

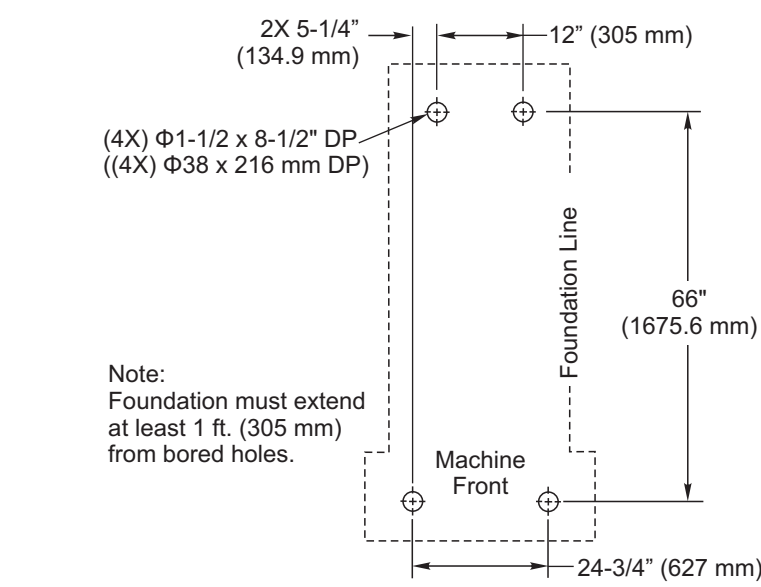
On the front part two horizontal sliding guides support the vertical ram saddle in its horizontal movement (through hydrostatic pockets). The distance between the superior and the inferior guide way is dimensioned to ensure the maximum cutting performances.

The different available configurations (different turning height, ram sections, machining accessories, measuring probes accessories) make the models AC to be the more flexible and useful to any need: starting from the most sophisticated precision in finishing operations (parts for aeronautics), to the most severe cutting conditions (forging rings).

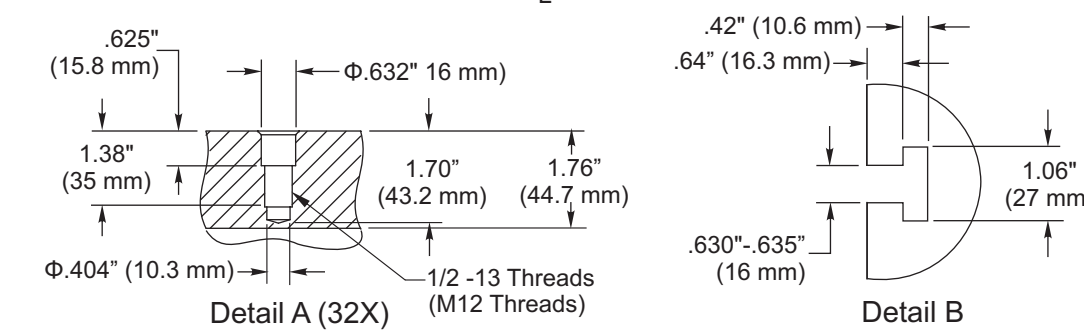
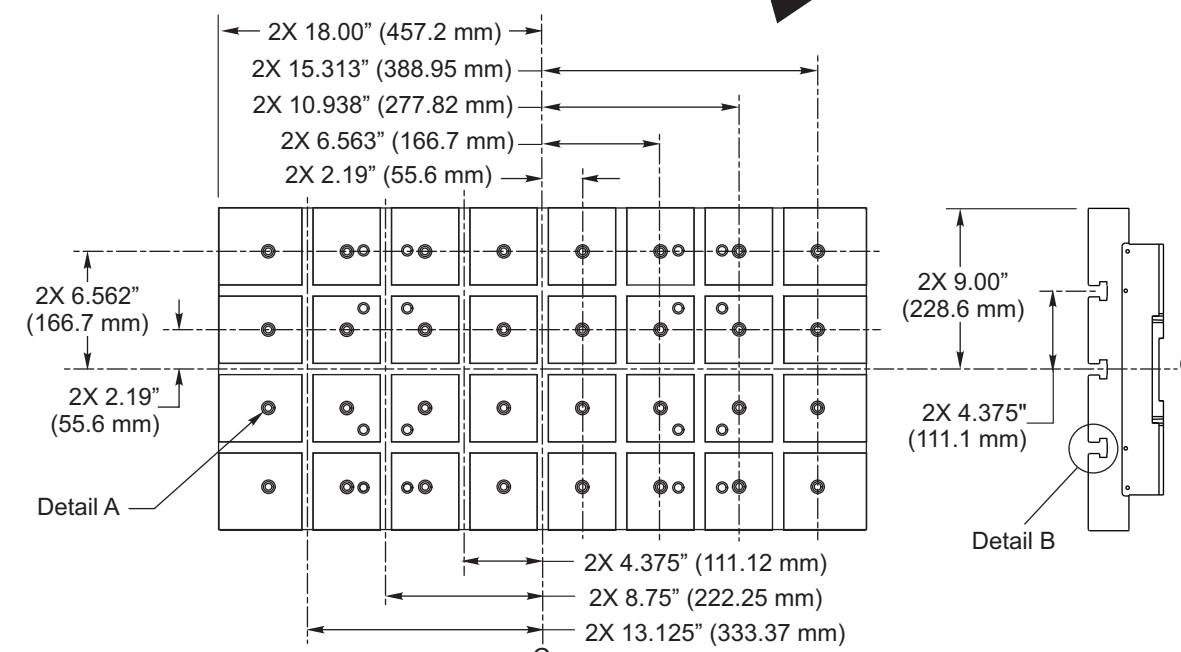
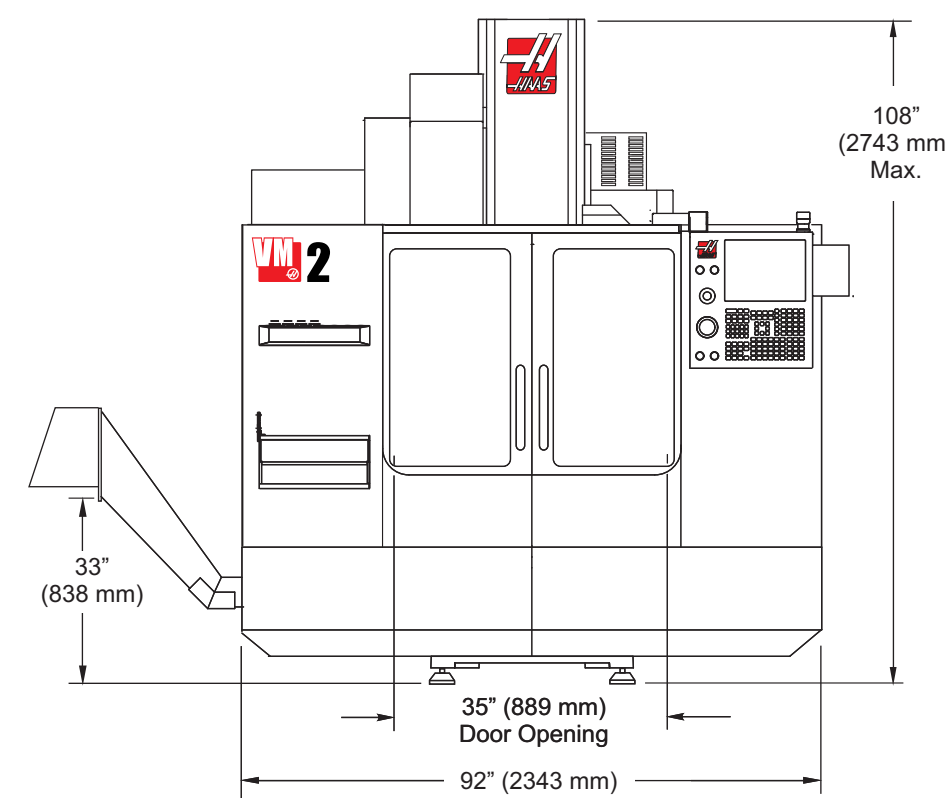
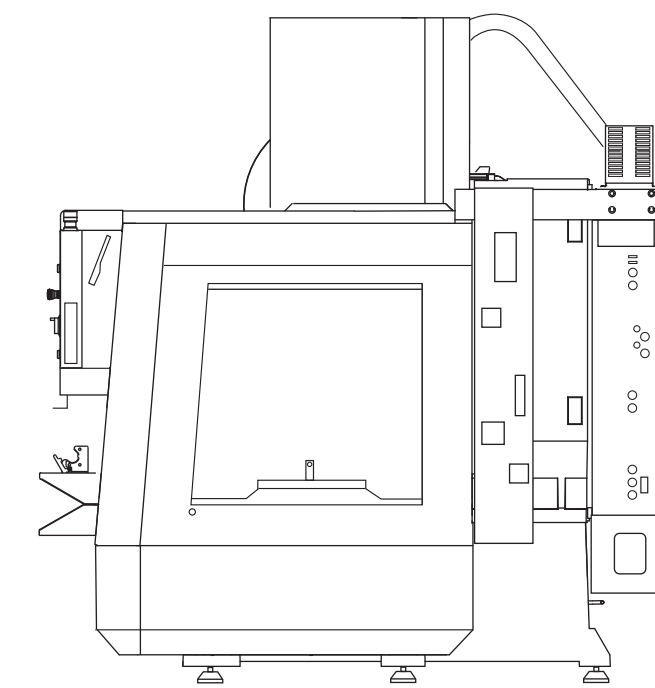
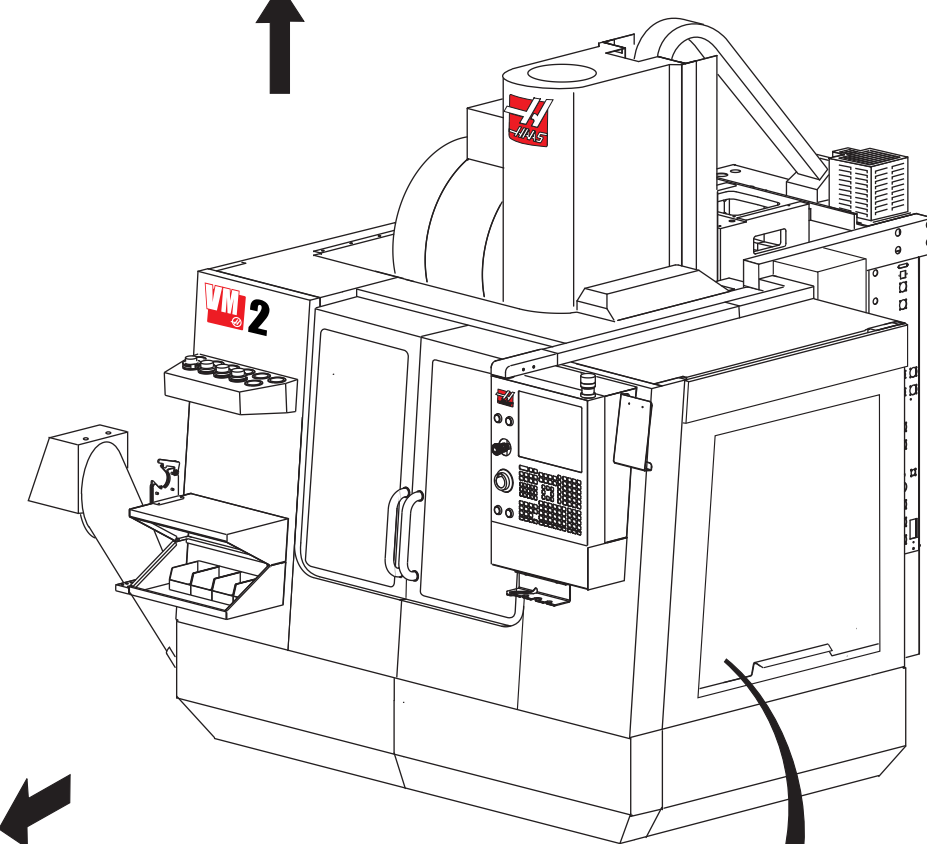
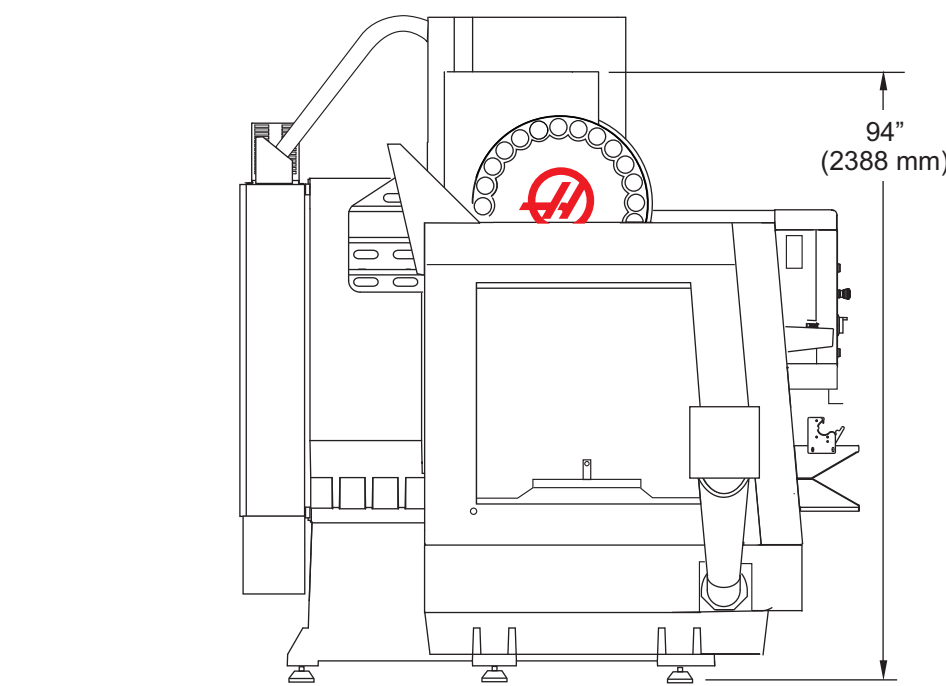
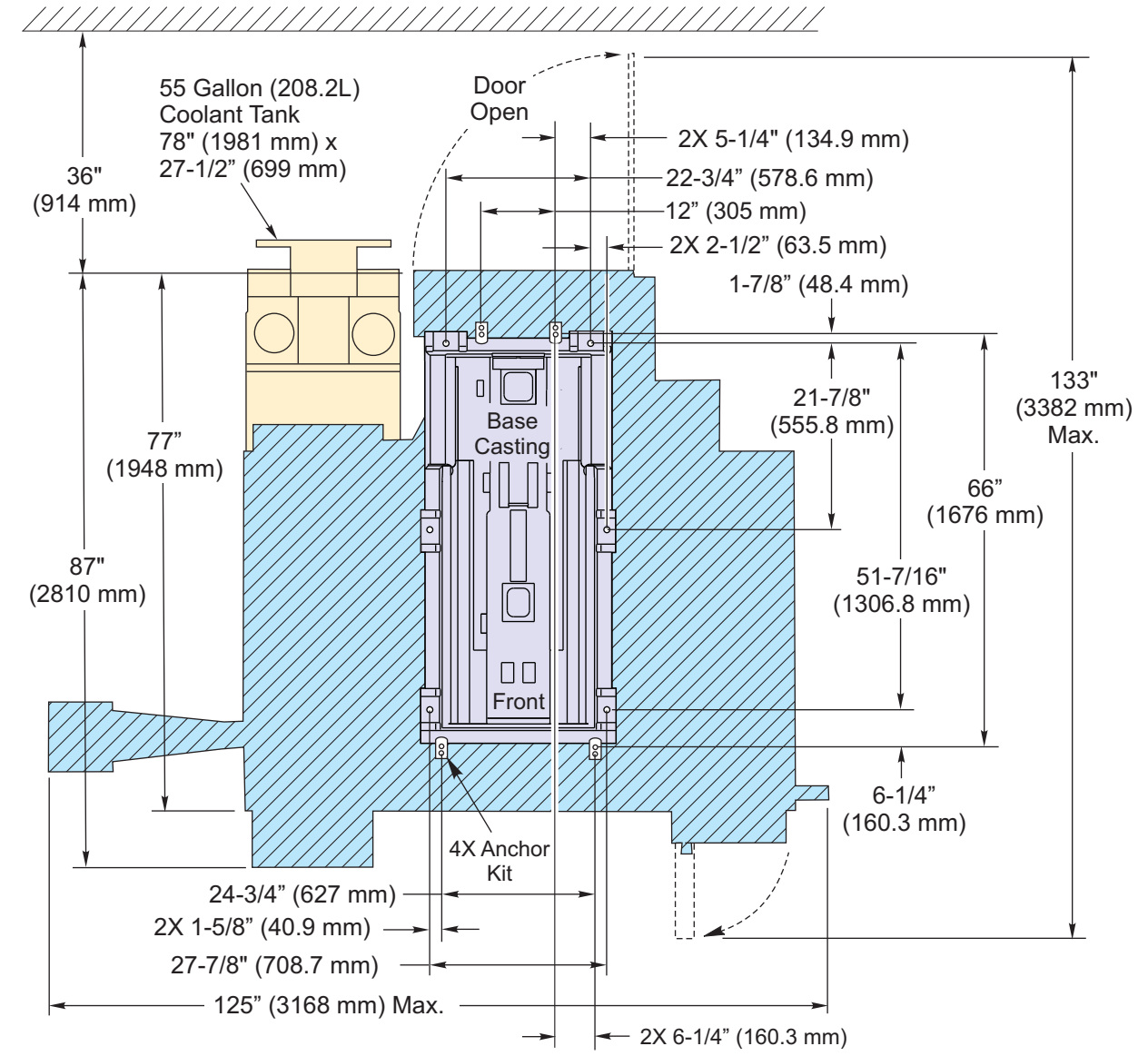
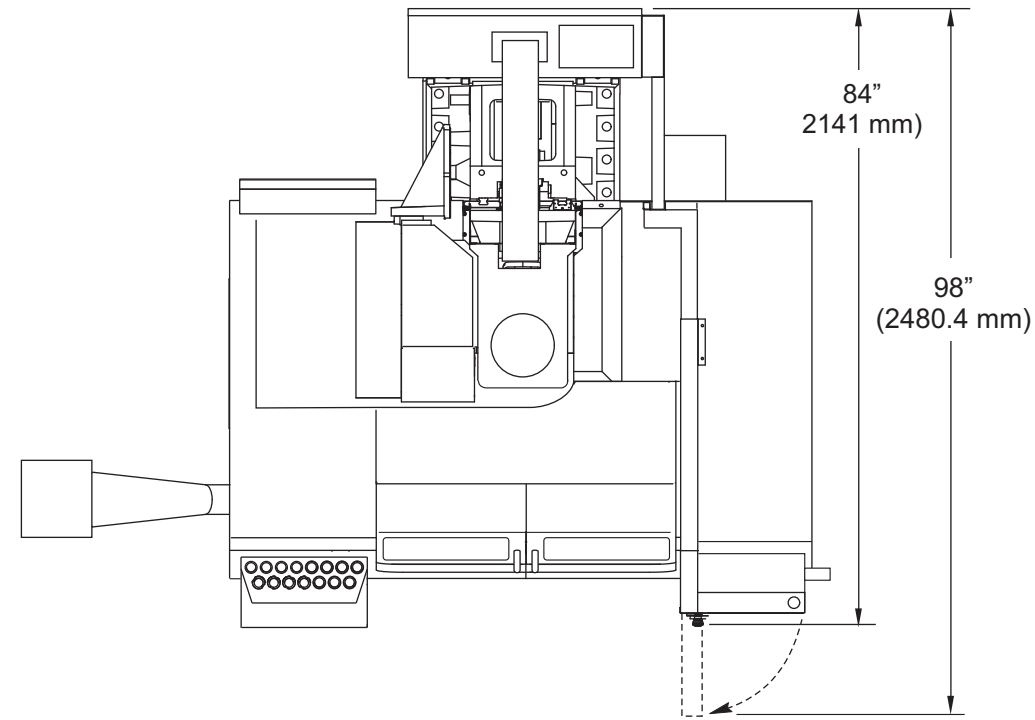
#### Technical data:

		AC16T/TM	AC20T/TM	AC24T/TM	AC28T/TM	AC32T/TM
Max. turning diameter	mm	1600	2000	2400	2800	3200
Table - Pallet diameter	mm	1250 / 1400	1600 / 1800	2000 / 2200	2200 / 2500	2800 / 3000
Max. allowable weight	t	12	15	20	30	
Standard RPM	RPM	450 / 450	375 / 375	275 / 250	250 / 250	225 / 200
Turning power	kw	60 - 100				
Turning height: fixed crossrail	mm	750 - 1000 - 1200				
Turning height: movable crossrail	mm	1200 - 1500 - 1800 - 2100	1200 - 1500 - 1800 - 2100			
Ram section	mm	250 x 250 - (300 x 300)				
Ram stroke Z axis	mm	1250 - (1500) - (1800) - (2000)				
Milling power	kw	37 / 40				
Max. RPM	RPM	3000 - (6000)				
Rapid feeds X-Z-axes	mm/min	30000			20000	

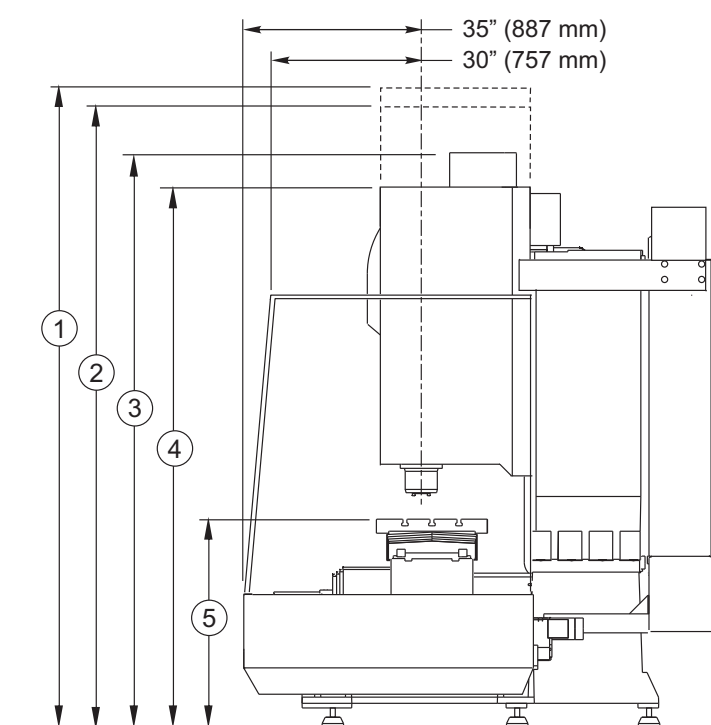
## **Anexo I: Ficha técnica Haas VM2**



VM-2 Anchor Pattern

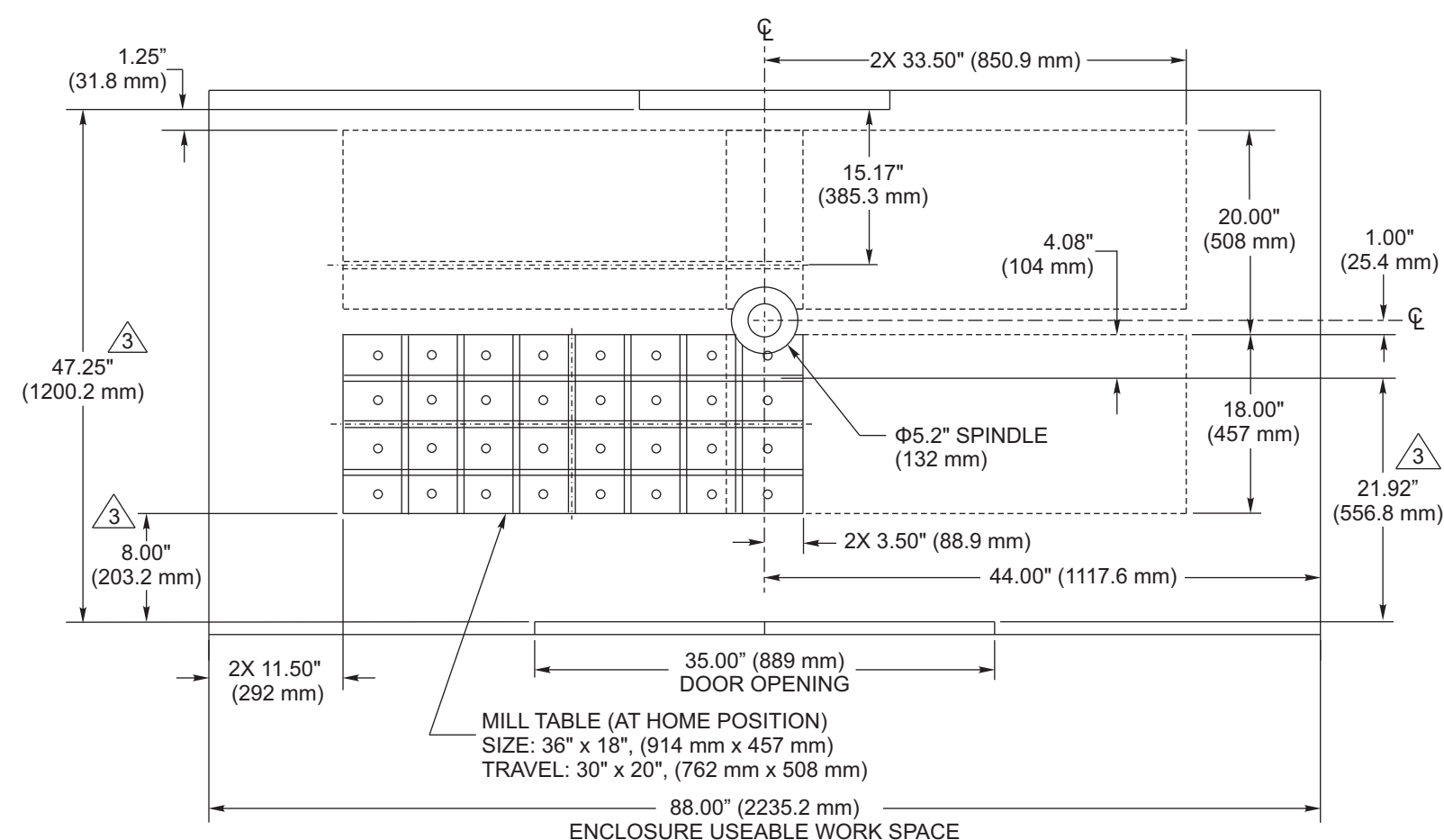


VM-2 Table Dimensions



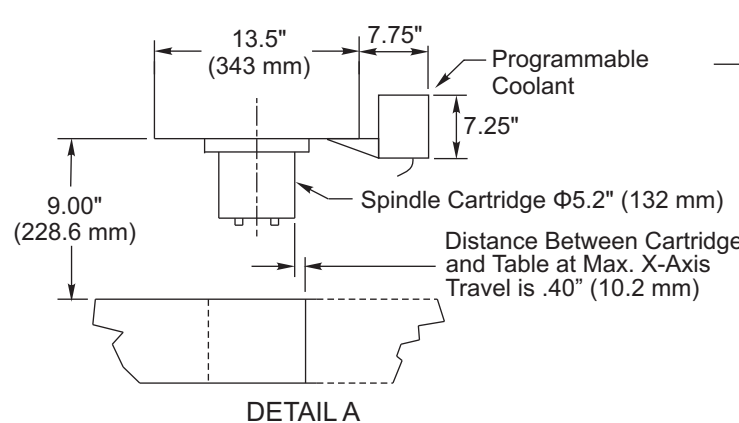
- 1 108" (2743 mm) Maximum Height
- 2 104" (2642 mm) Tool Changer Height
- 3 94" (2388 mm) 40, 24 SMTC Sheet Metal Height
- 4 88" (2235 mm) Minimum Height
- 5 34" (864 mm) Table Height

Spindle Head and Table Heights

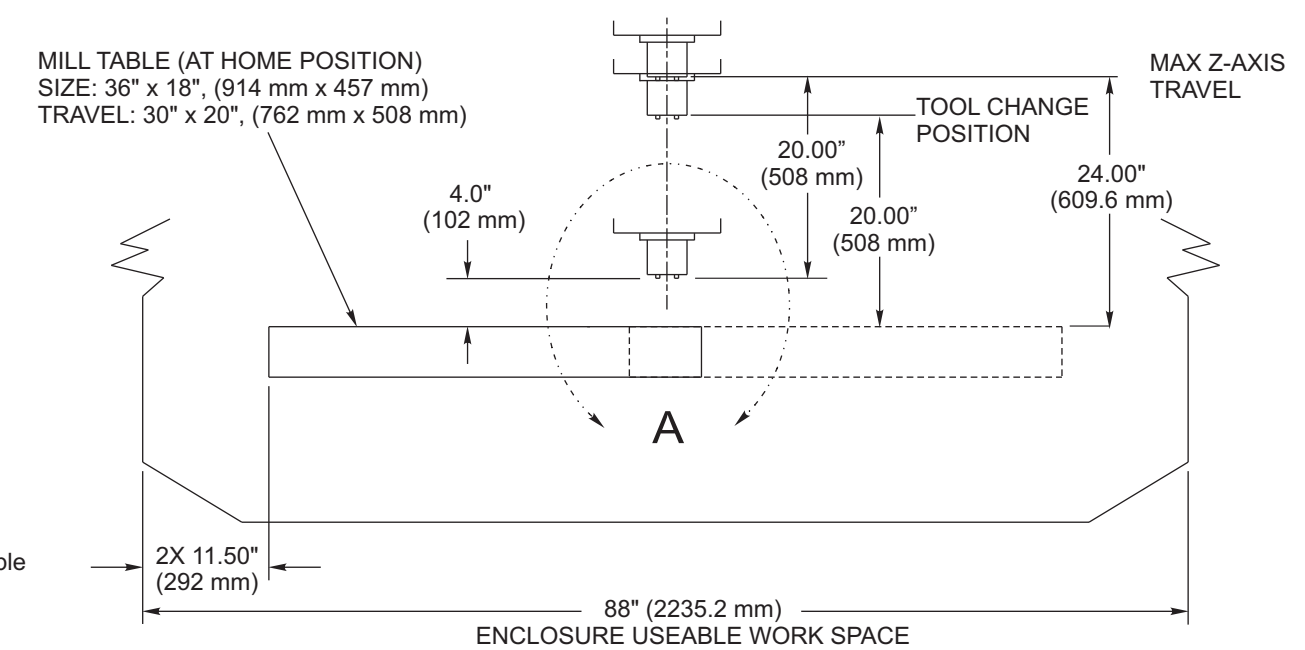


- NOTES:
1. TABLE POSITION(S) AT MAX X & Y TRAVELS.
  2. MEASUREMENTS ARE FROM THE EDGE OF MILL TABLE TO NEAREST OBSTRUCTION (ie. ENCLOSURE, WAY COVER, DOORS, ECT.).
  3. DIMENSIONS ARE REDUCED AS HEIGHT ABOVE TABLE INCREASES; ie. FRONT OF ENCLOSURE IS SLOPED 5 INWARD FROM BOTTOM TO TOP. DIMENSIONS SHOWN ARE AT TABLE TOP HEIGHT.

Top View



DETAIL A



Front View

VM-2 Enclosure Useable Work Space

Drawing Name: VM-2 Machine Views\_A.cdr  
Network Path: I:\Graphics\VM-2  
Last Updated: 10/28/11  
Drawn By: G Grajeda  
Change Description:  
A- Release



## **Anexo J: Ficha técnica Kemppi X8**



## TECHNICAL SPECIFICATIONS

### X8 Power Source 500

Product code	X8100501000 (X8100501010 - including WorkPack und WiseFusion)
Connection voltage 3~ 50/60 Hz	380 - 460 V $\pm$ 10 %
Fuse	32 A
Open circuit power (MMA) (without cooler and wire feeder, fans OFF)	44 - 53 W
Open circuit power (MMA) (without cooler and wire feeder, fans ON)	107 - 111 W
Open circuit power (MMA) (with cooler, without wire feeder, fans ON)	132 - 137 W
Output 60% ED	500 A
Output 100% ED	400 A
Welding current and voltage range, MIG @ 380 V	20A/14V - 500A/55V
Welding current and voltage range, MMA @ 380 V	15A/20V - 500A/57V
Recommended generator power (min)	35 kVA
Open circuit voltage MMA	50 V
Operating temperature range	-20...+40 °C
External dimensions LxWxH	921 x 348 x 795 mm
Weight (no accessories)	95 kg

### X8 Control Pad

Product code	X8400110001 (Spare part)
Battery type	Li-ion
Wireless communication type	2.4 GHz Bluetooth
Typical battery operation time	15-24 h
Typical battery charging time	5 h
Typical wireless communication range	15 m
Wired communication type	USB
Display type	TFT LCD
Display size	5.7"
Operating temperature range	-20...+40 °C
External dimensions LxWxH	200 x 130 x 33 mm
Weight (no accessories)	0.89 kg
Degree of protection	IP54





## X8 Cooler

Product code	X8600000000
Rated cooling power at 1 l/min	1.4 kW
Rated cooling power at 1.6 l/min	1.9 kW
Recommended coolant	MPG 4456 (Kempki mixture)
Operating temperature range	-10...+40 °C
Weight (no accessories)	15.5 kg
Degree of protection	IP23S
Tank volume	4 l
EMC class	A

## X8 Wire Feeder

Product code	X8200000002 (X8200000001 with cabinet heater)
Wire feed mechanism	4-roll, twin-motor
Welding current 40 % ED, I <sub>2</sub>	600 A
Welding current 60 % ED, I <sub>2</sub>	530 A
Welding current 100 % ED, I <sub>2</sub>	440 A
Gun connection	Kempki
Filler wires, Ss	0.6 - 2.4 mm
Filler wires, Al	0.8 - 2.4 mm
Filler wires, Fe	0.6 - 2.4 mm
Filler wires, MC/FC	0.8 - 2.4 mm
Wire feed speed	0.5 - 25 m/min
Wireless communication type	2.4 GHz Bluetooth
Operating temperature range	-20...+40 °C
External dimensions LxWxH	640 x 220 x 400 mm
Weight (no accessories)	11.2 kg
Degree of protection	IP23S
Wire spool weight, max.	20 kg
Wire spool diameter, max.	300 mm
EMC class	A

## Wire Feeder Rotating Plate

Product code	X8702010000
--------------	-------------





## X8 MIG Gun 520-w

Product code	X8 MIG Gun 520-w 3,5 m - X8300523500 X8 MIG Gun 520-w 5,0 m - X8300525000
Gun connection	Kemppi
Cooling	Liquid
Filler wires, Ss	0.8/0.9/1.0/1.2/1.4/1.6
Filler wires, Al	0.8/0.9/1.0/1.2/1.4/1.6
Filler wires, Fe	0.8/0.9/1.0/1.2/1.4/1.6
Filler wires, Fe-MC/FC	0.9/1.0/1.2/1.4/1.6
Filler wires, Ss-MC/FC	0.9/1.0/1.2/1.4/1.6
Load capacity @ 100 % (Mixed gas)	520
Neck angles	50
Changeable neck	No
Rotating neck	No
Pistol grip handle	Yes
Operating temperature range	-20...+40 °C
Standards	IEC 60974-7

## X8 Wheel Set

Product code	X8701010000
--------------	-------------

## Interconnection Cable 2 m, water-cooled

Product code	X8800950200
--------------	-------------



## **Anexo K: Guia de esquemas de pintura CIN**

## PROTECÇÃO ANTICORROSIVA DE ESTRUTURAS DE AÇO

### 1. Introdução

A parte 5 da norma EN ISO 12944 descreve os diferentes tipos de pintura, esquemas mais utilizados na protecção anticorrosiva de estruturas de aço, espessuras recomendadas e número de demãos. Este guia foi criado com base nessas recomendações da referida norma e tem como objectivo orientá-lo na selecção do esquema mais adequado para os diferentes ambientes (ver parte 2 da norma EN ISO 12944), os diferentes graus de preparação de superfície (ver parte 4 da norma EN ISO 12944) e o grau de durabilidade pretendido (ver parte 1 da norma EN ISO 12944).

### 2. Classificação de ambientes segundo diferentes categorias de corrosividade

Os ambientes são classificados em função do seu grau de corrosividade ambiental, seja para estruturas expostas à corrosividade atmosférica, enterradas ou imersas.

Na tabela 1 são dados alguns exemplos de ambientes para cada tipo de categoria de corrosividade atmosférica e na tabela 2 os agentes corrosivos previstos quando a estrutura de aço se encontra imersa ou enterrada no solo.

Tabela 1: Categorias de corrosividade atmosférica e exemplos de ambientes típicos.

<b>Categoria de corrosividade</b>	<b>Exterior</b>	<b>Interior</b>
<b>C1 Muito baixa</b>	-	Edifícios com aquecimento e atmosferas limpas.
<b>C2 Baixa</b>	Atmosferas com baixos níveis de contaminação. Áreas rurais.	Edifícios sem aquecimento com possíveis condensações.
<b>C3 Média</b>	Atmosferas urbanas e industriais, com moderada contaminação de SO <sub>2</sub> . Áreas costeiras com baixa salinidade.	Naves de fabricação com elevada humidade e com alguma contaminação.
<b>C4 Alta</b>	Áreas industriais e áreas costeiras com moderada salinidade.	Indústrias químicas, piscinas.
<b>C5-I Muito alta (industrial)</b>	Áreas industriais com elevada humidade e com atmosfera agressiva.	Edificados ou áreas com condensações quase permanentes e contaminação elevada.
<b>C5-M Muito alta (marítima)</b>	Áreas costeiras e marítimas com elevada salinidade.	Edifícios ou áreas com condensações permanentes e contaminação elevada.

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente guia. Os esquemas recomendados foram criados com base nas recomendações na norma EN ISO 12944-5. Esta especificação é genérica e deve ser vista como um exemplo possível entre as muitas soluções CIN Protective Coatings. Para a obtenção de uma especificação para um projecto em particular recomendamos que consultem directamente a CIN.



Data de edição: Junho 2013

Todo o território português está classificado segundo estas categorias de corrosividade atmosférica no “Mapa Nacional de Corrosão Atmosférica”.

Tabela 2: Categoria para imersão em água e solo

<b>Categoria de corrosividade</b>	<b>Ambiente</b>	<b>Exemplo de ambientes e estruturas</b>
<b>Im 1</b>	Água doce	Instalações de rio, centrais hidroeléctricas.
<b>Im 2</b>	Água do mar ou salobra	Áreas portuárias com estruturas, tais como portas de comportas, diques, quebra-mares, estruturas de plataformas offshore
<b>Im 3</b>	Solo	Tanques enterrados, condutas e vigas.

### 3. Classes de durabilidade

A durabilidade ou anos de vida útil, define-se como sendo o tempo a que se deseja chegar até à primeira manutenção por repintura. A durabilidade não é um “tempo de garantia”.

Baixa (L): 2 a 5 anos  
 Media (M): 5 a 15 anos  
 Alta (H): > 15 anos.

### 4. Preparação de Superfície

Antes de se iniciar a decapagem todos os vestígios visíveis de óleo, gordura, sais e outros contaminantes devem ser eliminados, de forma a não ficarem incrustados no aço, nem contaminarem o abrasivo.

Para cada uma das situações o tratamento a executar deverá ser o mais adequado, como por exemplo:

- Para o óleo, gordura ou sais hidrossolúveis, pode-se efectuar uma limpeza com jacto de água (e detergente, se necessário), com vapor, com emulsionantes ou com solventes orgânicos. Sempre que se use detergente, no final passar por água limpa.
- No caso de salpicos de soldadura, sais não hidrossolúveis, cimento, ou outros contaminantes, utilizar ferramentas mecânicas/manuais (por exemplo, escovas, raspadores, etc.).

Os cantos, arestas e cordões de soldadura devem ser arredondados (diâmetro mínimo recomendado é de 2mm), para facilitar a sua pintura.

Após estas operações, decapar por projecção de jacto abrasivo seco todas as superfícies ao grau Sa 2 ½, de acordo com a Norma EN ISO 8501-1. A selecção do abrasivo deve ser feita de forma a garantir um perfil de rugosidade médio entre 25µm e 50µm, determinado com Testex Tape ou mediante o uso de comparadores (G,S) segundo ISO 8503.

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente guia. Os esquemas recomendados foram criados com base nas recomendações na norma EN ISO 12944-5. Esta especificação é genérica e deve ser vista como um exemplo possível entre as muitas soluções CIN Protective Coatings. Para a obtenção de uma especificação para um projecto em particular recomendamos que consultem directamente a CIN.

Data de edição: Junho 2013

Defeitos do aço revelados após a decapagem (delaminação ou outros) devem ser reparados de maneira apropriada. Se estes tratamentos originarem perda de rugosidade, voltar a decapar estas zonas.

Após a decapagem efectuar a limpeza final, por exemplo, com aspiração potente, deixando a superfície livre de pó e adequadamente limpa para receber o revestimento. Os trabalhos estarão finalizados quando ao aplicar uma fita adesiva sobre a superfície não exista pó aderido à mesma.

Durante o intervalo de tempo que decorre entre a decapagem e a aplicação do revestimento, o grau de preparação das superfícies não poderá sofrer alterações. Assim, por princípio, o tempo máximo entre a decapagem e a aplicação de tinta deverá ser entre 4 e 6 horas, dependendo das condições ambientais. Sempre que ocorra oxidação da superfície antes da pintura, deve-se voltar a decapar para obtenção do nível de limpeza exigido

### Esquemas de pintura

Seguidamente detalhamos alguns esquemas de pintura que cumprem com a Norma ISO 12944 no que diz respeito ao tipo de produto, espessuras e nº de demãos a aplicar. Existem esquemas alternativos, ainda que alguns com produtos não contemplados pela Norma. Para uma melhor informação consulte o Customer Service.

Todos os esquemas aqui apresentados são para uma durabilidade estimada superior a 15 anos.

### Categoria de corrosividade C2

Tipo de tinta	Esquema	Espessura seca (micrómetros)
Epoxi Fosfato de Zinco	1 x C-Pox Primer ZP200 HP	80 µm
Acrílico ferro micáceo	1 x C-Cryl S450 Mio	80 µm
<b>Espessura total</b>		<b>160 µm</b>
Epoxi tolerante alumínio	1 x C-Pox ST180 AL	110 µm
Poliuretano	1 x C-Thane S258	50 µm
<b>Espessura total</b>		<b>160 µm</b>

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente guia. Os esquemas recomendados foram criados com base nas recomendações na norma EN ISO 12944-5. Esta especificação é genérica e deve ser vista como um exemplo possível entre as muitas soluções CIN Protective Coatings. Para a obtenção de uma especificação para um projecto em particular recomendamos que consultem directamente a CIN.



Data de edição: Junho 2013

## Categoria de corrosividade C3

Tipo de tinta	Esquema	Espessura seca (micrómetros)
Epoxi fosfato de zinco	1 x C-Pox Primer ZP200 HP	100 µm
Poliuretano alta espessura	1 x C-Thane S700 HB	100 µm
<b>Espessura total</b>		<b>200 µm</b>
Epoxi tolerante alumínio	1 x C-Pox ST180 AL	80 µm
Intermédio epoxi	1 x C-Pox S100	80 µm
Poliuretano	1 x C-Thane S258	40 µm
<b>Espessura total</b>		<b>200 µm</b>
Epoxi tolerante de superf.	1 x C-Pox ST160 MP	165 µm
<b>Espessura total</b>		<b>165 µm</b>

Nota: tendo em conta que as espessuras apresentadas para o último esquema aqui apresentado são inferiores às recomendadas na norma EN ISO 12944-5, dispomos de certificados de ensaio segundo a norma EN ISO 12944-6 (ensaio de desempenho), que comprovam que este esquema é válido para esta categoria de corrosividade e durabilidade > 15 anos.

## Categoria de corrosividade C4

Tipo de tinta	Esquema	Espessura seca (micrómetros)
Primário etilsilicato de zinco	1 x C-Pox Primer IZS920	75 µm
Intermédio epoxi	1 x C-Pox S130 FD	125 µm
Poliuretano	1 x C-Thane RPS HS	50 µm
<b>Espessura total</b>		<b>250 µm</b>
Primário rico em zinco	1 x C-Pox Primer ZN650	50 µm
Epoxi tolerante de superf.	1 x C-Pox ST160 MP	100 µm
<b>Espessura total</b>		<b>150 µm</b>

Nota: tendo em conta que as espessuras apresentadas para o último esquema aqui apresentado são inferiores às recomendadas na norma EN ISO 12944-5, dispomos de certificados de ensaio segundo a norma EN ISO 12944-6 (ensaio de desempenho), que comprovam que este esquema é válido para esta categoria de corrosividade e durabilidade > 15 anos. Dispomos ainda de certificado de ensaio para o primeiro esquema.

## Categoria de corrosividade C5M

Tipo de tinta	Esquema	Espessura seca (micrómetros)
Primário rico em zinco	1 x C-Pox Primer ZN800	75 µm
Intermédio epoxi	1 x C-Pox S990 Mio FD	85 µm
Poliuretano	2 x C-Thane RPS HS	80 µm
<b>Espessura total</b>		<b>240 µm</b>

Nota: tendo em conta que as espessuras apresentadas são inferiores às recomendadas na norma EN ISO 12944-5, dispomos de certificados de ensaio segundo a norma EN ISO 12944-6 (ensaio de desempenho), que comprovam que este esquema é válido para esta categoria de corrosividade e durabilidade > 15 anos.

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente guia. Os esquemas recomendados foram criados com base nas recomendações na norma EN ISO 12944-5. Esta especificação é genérica e deve ser vista como um exemplo possível entre as muitas soluções CIN Protective Coatings. Para a obtenção de uma especificação para um projecto em particular recomendamos que consultem directamente a CIN.

Data de edição: Junho 2013

## Categoria de corrosividade C5M (cont.)

Tipo de tinta	Esquema	Espessura seca (micrómetros)
Primário epoxi fosf. zinco	1 x C-Pox Primer ZP200 HB	100 µm
Intermédio epoxi ferro micáceo	1 x C-Pox S990 Mio FD	140 µm
Poliuretano	2 x C-Thane RPS HS	80 µm
<b>Espessura total</b>		<b>320 µm</b>
Primário epoxi zinco	1 x C-Pox Primer ZP650	75 µm
Poliuretano flexível de alta espessura	1 x C-Thane S690 HB-F	125 µm
<b>Espessura total</b>		<b>200 µm</b>

Nota: tendo em conta que as espessuras apresentadas para o último esquema aqui apresentado são inferiores às recomendadas na norma EN ISO 12944-5, dispomos de certificados de ensaio segundo a norma EN ISO 12944-6 (ensaio de desempenho), que comprovam que este esquema é válido para esta categoria de corrosividade e durabilidade > 15 anos. Dispomos ainda de certificado de ensaio para o primeiro esquema.

## Categoria de corrosividade Im1, Im2 e Im3

Tipo de tinta	Esquema	Espessura seca (micrómetros)
Primário epoxi rico em zinco	1 x C-Pox Primer ZN905	60 µm
Epoxi Tolerante de superfície	2 x C-Pox ST165 MP-WN	400 µm
<b>Espessura total</b>		<b>460 µm</b>
Epoxi de alcatrão	2 x C-Pox CT940	400 µm
<b>Espessura total</b>		<b>400 µm</b>

A CIN dispõe de muitos outros esquemas para a protecção anticorrosiva de estruturas metálicas. Para mais informações contactar o Customer Service da CIN.

É aconselhável verificar periodicamente o estado de actualização do presente guia. Os esquemas recomendados foram criados com base nas recomendações na norma EN ISO 12944-5. Esta especificação é genérica e deve ser vista como um exemplo possível entre as muitas soluções CIN Protective Coatings. Para a obtenção de uma especificação para um projecto em particular recomendamos que consultem directamente a CIN.

## **Anexo L: Plano de produção das peças**

**Peça:** CMVCV- PL1 (Veio)

**Material:** Aço RPM32

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Forjamento:**

- Material inicial: lingote com 2,3m de comprimento, de um lado com diâmetro de 1,6m e do outro um diâmetro de 1,4m.
- Equipamento utilizado: Forno Nutec Bickley e prensa Ficep DD1100

**Torneamento:**

- Material inicial: Veio com pré-forma saído do forjamento
- Equipamento utilizado: Georg Ultraturn R

**Propriedades finais:**

- Massa: 9375 kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CMVCV- PL2 (Tampa do óleo)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 5mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Propriedades finais:**

- Massa: 2 kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CMVC1B- PL1 (Corpo da Base da Caixa 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Oxicorte:**

- Material inicial: Bloco com 615x1820x850mm
- Equipamento utilizado: Oxyser Vulcano

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 5545 kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CMVC1B- PL2 (Aba de Fixação da Base da Caixa 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 200mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Fresagem:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Haas VM2

**Propriedades finais:**

- Massa: 295 kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CMVC1T- PL1 (Corpo da Tampa da Caixa 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Meio tubo com diâmetro interior de 630mm, exterior de 1350mm e comprimento de 610mm

- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 1742 kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.



**Peça:** CMVC1T- PL2 (Aba de Fixação da Tapa da Caixa 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 135mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Fresagem:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Haas VM2

**Propriedades finais:**

- Massa: 103kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CMVC2B- PL1 (Corpo da Base da Caixa 2)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Oxicorte:**

- Material inicial: Bloco com 450x1070x475mm
- Equipamento utilizado: Oxyser Vulcano

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 1057 kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CMVC2B- PL2 (Aba de fixação da Base da Caixa 2)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 130mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Fresagem:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Haas VM2

**Propriedades finais:**

- Massa: 57 kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CMVC2T- PL1 (Corpo da Tampa da Caixa 2)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Meio tubo com diâmetro interior de 500mm, exterior de 900mm e comprimento de 450mm

- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 422 kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CMVC2T- PL2 (Aba de fixação da Tampa da Caixa 2)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 235mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Fresagem:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Haas VM2

**Propriedades finais:**

- Massa: 63kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME1C- PL1 (Anel com Dentado Interior do Cáster 1)

**Material:** Aço AGMA C95

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 1800mm, exterior de 2200mm e comprimento de 545mm

- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 3419kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME1C- PL2 (Fundo do Cáster 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 100mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 2444kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME1C- PL3 (Orelha de Alinhamento)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 200mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Propriedades finais:**

- Massa: 472kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.



**Peça:** CME1C- PL4 (Orelha de Transporte do Cárter 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 100mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Propriedades finais:**

- Massa: 71kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME1C- PL5 (Base do Cáster 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 100mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Propriedades finais:**

- Massa: 77kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME1PS- PL1 (Cubo do Porta Satélites 1)

**Material:** Aço AGMA C95

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 480mm, exterior de 600mm e comprimento de 430mm

- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 313kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME1PS- PL2 (Parede Traseira do Porta Satélites 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 80mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 1044kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME1PS- PL3 (Parede Frontal do Porta Satélites 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 80mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 970kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME1PS- PL4 (Espaçador entre Paredes do Porta Satélites 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Oxicorte:**

- Material inicial: Placa de aço com 360mm de espessura
- Equipamento utilizado: Oxyser Vulcano

**Fresagem:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Haas VM2

**Propriedades finais:**

- Massa: 407kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME1P (Planeta do Estágio 1)

**Material:** Aço AGMA C95

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 380mm, exterior de 730mm e comprimento de 280mm

- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 484kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME1VP (Veio do Planeta do Estágio 1)

**Material:** Aço CK45

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Lingote cilíndrico com 260mm de diâmetro e 520mm de comprimento.

- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 159kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.



**Peça:** CME1VS (Veio Sol do Estágio 1 – Porta Satélites 2)

**Material:** Aço CK45

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Lingote cilíndrico com 500mm de diâmetro e 690mm de comprimento.

- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC14T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 596kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME1A (Anilha do Planeta do Estágio 1)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 550mm, exterior de 350mm e comprimento de 20mm
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 20kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME1CQ (Casquilho do Estágio 1)

**Material:** Bronze CuSn7ZnPb

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 250mm, exterior de 220mm
- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 3kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME2C- PL1 (Anel com Dentado Interior do Cáster 2)

**Material:** Aço AGMA C95

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 1650mm, exterior de 1960mm e comprimento de 200mm

- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 948kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME2C- PL2 (Fundo do Cáster 2)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Oxicorte:**

- Material inicial: Placa de aço com 260mm de espessura
- Equipamento utilizado: Oxyser Vulcano

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 3839kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME2PS- PL1 (Cubo do Porta Satélites 2)

**Material:** Aço AGMA C95

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 360mm, exterior de 450mm e comprimento de 180mm

- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 68kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME2PS- PL2 (Parede Traseira do Porta Satélites 2)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 40mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 334kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME2PS- PL3 (Parede Frontal do Porta Satélites 2)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 40mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 320kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.



**Peça:** CME2PS- PL4 (Espaçador entre Paredes do Porta Satélites 2)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 175mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Fresagem:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Haas VM2

**Propriedades finais:**

- Massa: 63kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME2P (Planeta do Estágio 2)

**Material:** Aço AGMA C95

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 280mm, exterior de 740mm e comprimento de 120mm

- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 288kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME2VP (Veio do Planeta do Estágio 2)

**Material:** Aço CK45

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Lingote cilíndrico com 190mm de diâmetro e 260mm de comprimento.

- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 47kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME2VS (Veio Sol do Estágio 2 – Roda Dentada)

**Material:** Aço CK45

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Lingote cilíndrico com 265mm de diâmetro e 740mm de comprimento.

- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 189kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME2A (Anilha do Planeta do Estágio 2)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 250mm, exterior de 500mm e comprimento de 40mm
- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 15kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME2CQ (Casquilho do Estágio 2)

**Material:** Bronze CuSn7ZnPb

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 170mm, exterior de 195mm.
- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 2kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME3C- PL1 (Corpo do Cáster 3)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Oxicorte:**

- Material inicial: Placa de aço com 210mm de espessura
- Equipamento utilizado: Oxyser Vulcano

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 3133kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME3C- PL2 (Orelha de Transporte do Cárter 3)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 100mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Propriedades finais:**

- Massa: 67kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.



**Peça:** CME3C- PL3 (Base do Carter 3)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 100mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Propriedades finais:**

- Massa: 178kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME3AT (Anel da Tampa do Cáster)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 1360mm, exterior de 1560mm e comprimento de 200mm
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

**Propriedades finais:**

- Massa: 657kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME3T (Tampa do Cáster)

**Material:** Aço ST 52

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Corte por Jacto de Água:**

- Material inicial: Placa de aço com 160mm de espessura
- Equipamento utilizado: TCI cutting BP-S 3060

**Torneamento:**

- Material inicial: Bloco com a pré-forma do corte
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

**Propriedades finais:**

- Massa: 1973kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 3.2µm.

**Peça:** CME3R (Roda Dentada)

**Material:** Aço AGMA C95

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 200mm, exterior de 735mm e comprimento de 160mm
- Equipamento utilizado: Pietro Carnaghi AC24T/TM

**Propriedades finais:**

- Massa: 350kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME3PI (Pinhão)

**Material:** Aço AGMA C95

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 150mm, exterior de 310mm e comprimento de 120mm

- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 41kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME3VPI (Veio do Pinhão)

**Material:** Aço CK45

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Lingote cilíndrico com 170mm de diâmetro e 800mm de comprimento.

- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 100kg

- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME3CQR (Casquilho da Roda Dentada)

**Material:** Bronze CuSn7ZnPb

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 190mm, exterior de 240mm.
- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 3kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.

**Peça:** CME3CQPI (Casquilho do Pinhão)

**Material:** Bronze CuSn7ZnPb

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Torneamento:**

- Material inicial: Tubo com diâmetro interior de 140mm, exterior de 175mm.
- Equipamento utilizado: Hass ST40

**Propriedades finais:**

- Massa: 1kg
- Acabamento superficial: Rugosidade superficial máxima (Ra) 1.6µm.



**Peça:** CMVCV (Veio Principal)

**Componentes Utilizados:**

- CMVCV- PL1 (Veio)
- CMVCV- PL2 (Tampa do óleo)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

**Propriedades finais:**

- Massa: 9377kg

**Peça:** CMVCC1B (Base da Caixa 1)

**Componentes Utilizados:**

- CMVCC1B- PL1 (Corpo da Base da Caixa 1)
- CMVCC1B- PL2 (Aba de Fixação da Base da Caixa 1)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

**Propriedades finais:**

- Massa: 6134kg

**Peça:** CMVCC1T (Tampa da Caixa 1)

**Componentes Utilizados:**

- CMVCC1T- PL1 (Corpo da Tampa da Caixa 1)
- CMVCC1T- PL2 (Aba de Fixação da Tampa da Caixa 1)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

**Propriedades finais:**

- Massa: 1947kg

**Peça:** CMVCC2B (Base da Caixa 2)

**Componentes Utilizados:**

- CMVCC2B- PL1 (Corpo da Base da Caixa 2)
- CMVCC2B- PL2 (Aba de Fixação da Base da Caixa 2)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

**Propriedades finais:**

- Massa: 1172kg

**Peça:** CMVCC2T (Tampa da Caixa 2)

**Componentes Utilizados:**

- CMVCC2T- PL1 (Corpo da Tampa da Caixa 2)
- CMVCC2T- PL2 (Aba de Fixação da Tampa da Caixa 2)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

**Propriedades finais:**

- Massa: 548kg

**Peça:** CME1C (Cárter 1)

**Componentes Utilizados:**

- CME1C- PL1 (Anel com Dentado Interior do Cárter 1)
- CME1C- PL2 (Fundo do Cárter 1)
- CME1C- PL3 (Orelha de Alinhamento)
- CME1C- PL3 (Orelha de Transporte do Cárter 1)
- CME1C- PL4 (Base do Cárter 1)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

**Propriedades finais:**

- Massa: 7028kg

**Peça:** CME1PS (Porta Satélites 1)

**Componentes Utilizados:**

- CME1PS - PL1 (Cubo do Porta Satélites 1)
- CME1PS - PL2 (Parede Traseira do Porta Satélites 1)
- CME1PS - PL3 (Parede Frontal do Porta Satélites 1)
- CME1PS - PL3 (Espaçador entre Paredes do Porta Satélites 1)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Propriedades finais:**

- Massa: 3547kg

**Peça:** CME2C (Cárter 2)

**Componentes Utilizados:**

- CME2C- PL1 (Anel com Dentado Interior do Cárter 2)
- CME2C- PL2 (Fundo do Cárter 2)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

**Propriedades finais:**

- Massa: 4788kg



**Peça:** CME2PS (Porta Satélites 2)

**Componentes Utilizados:**

- CME2PS - PL1 (Cubo do Porta Satélites 2)
- CME2PS - PL2 (Parede Traseira do Porta Satélites 2)
- CME2PS - PL3 (Parede Frontal do Porta Satélites 2)
- CME2PS - PL3 (Espaçador entre Paredes do Porta Satélites 2)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Propriedades finais:**

- Massa: 910kg

**Peça:** CME3C (Cárter 3)

**Componentes Utilizados:**

- CME3C- PL1 (Corpo do Cárter 3)
- CME3C- PL3 (Orelha de Transporte do Cárter 3)
- CME3C- PL3 (Base do Cárter 3)

**Processos de Fabrico aplicáveis:**

**Soldadura Mig Mag:**

- Equipamento utilizado: Kemppi X8

**Protecção anti corrosão:**

- 1x Primário rico em Zinco (C-POX Primer ZN800) 75µm de espessura
- 1x Intermédio Epoxi (C-POX S990 Mio FD) 85µm de espessura
- 2x Poliuretano (C- Thane RPS HS) 80µm de espessura

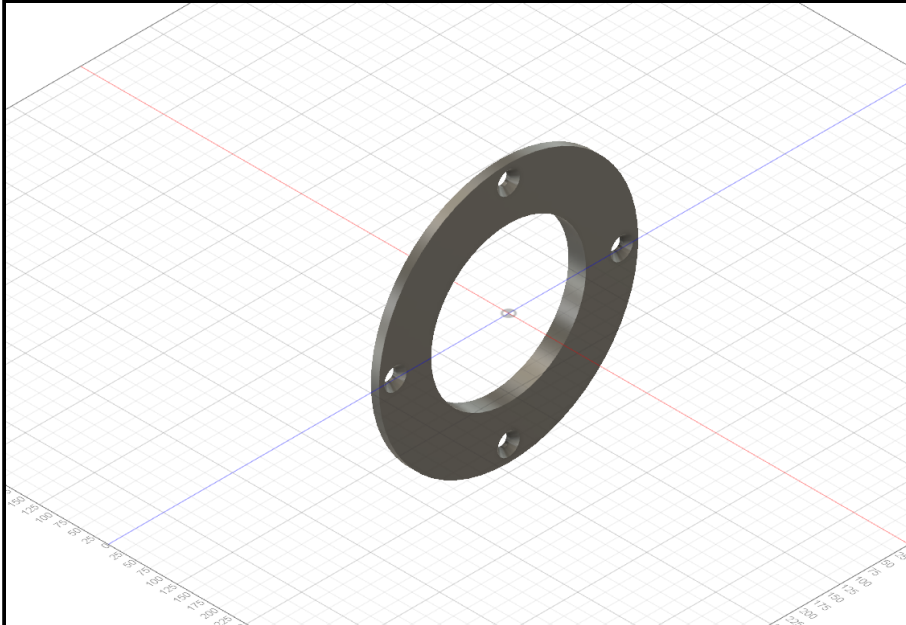
**Propriedades finais:**

- Massa: 3444kg

## **Anexo M: Ficha de configuração do programa de maquinagem**

# Setup Sheet for Program 1001

JOB DESCRIPTION: Setup1  
DOCUMENT PATH: Untitled(1) v1

Setup	
<p>WCS: #0</p> <p>STOCK:</p> <p>DX: 480mm</p> <p>DY: 480mm</p> <p>DZ: 42mm</p> <p>PART:</p> <p>DX: 470mm</p> <p>DY: 470mm</p> <p>DZ: 32mm</p> <p>STOCK LOWER IN WCS #0:</p> <p>X: -240mm</p> <p>Y: -240mm</p> <p>Z: -42mm</p> <p>STOCK UPPER IN WCS #0:</p> <p>X: 240mm</p> <p>Y: 240mm</p> <p>Z: 0mm</p>	

Total
<p>NUMBER OF OPERATIONS: 7</p> <p>NUMBER OF TOOLS: 4</p> <p>TOOLS: <b>T3 T4 T5 T6</b></p> <p>MAXIMUM Z: 15mm</p> <p>MINIMUM Z: -48.8mm</p> <p>MAXIMUM FEEDRATE: 360mm/min</p> <p>MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1160rpm</p> <p>CUTTING DISTANCE: 1930.94mm</p> <p>RAPID DISTANCE: 3788.51mm</p> <p>ESTIMATED CYCLE TIME: 39m:25s</p>

## Tools

### T3 D0

TYPE: general turning  
 INSERT: ISO C 80deg  
 EDGE LENGTH: 9.82mm  
 NOSE RADIUS: 0.8mm  
 CROSS SECTION: T  
 TOLERANCE: M  
 RELIEF: N 0deg  
 COMPENSATION: Tip tangent  
 DESCRIPTION: CNMT Right Hand

MINIMUM Z: -48.8mm  
 MAXIMUM FEED: 71.194mm/min  
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 500rpm  
 CUTTING DISTANCE: 1533.23mm  
 RAPID DISTANCE: 1511.51mm  
 ESTIMATED CYCLE TIME: 32m:22s (82.1%)

HOLDER: ISO L Right

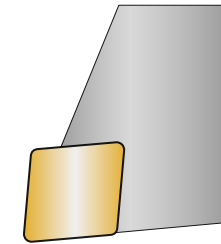


### T4 D0

TYPE: boring turning  
 INSERT: ISO C 80deg  
 EDGE LENGTH: 9.82mm  
 NOSE RADIUS: 0.8mm  
 CROSS SECTION: T  
 TOLERANCE: M  
 RELIEF: N 0deg  
 COMPENSATION: Tip tangent  
 DESCRIPTION: ID Boring

MINIMUM Z: -47.8mm  
 MAXIMUM FEED: 360mm/min  
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 500rpm  
 CUTTING DISTANCE: 147.56mm  
 RAPID DISTANCE: 167.36mm  
 ESTIMATED CYCLE TIME: 15s (0.6%)

HOLDER: Boring bar ISO L Right

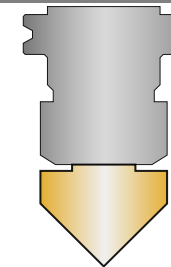


### T5 D5 L5

TYPE: spot drill LIVE  
 DIAMETER: 50mm  
 TIP ANGLE: 90°  
 LENGTH: 40.5mm  
 FLUTES: 4  
 DESCRIPTION: 25mm Spot Drill

MINIMUM Z: -25.16mm  
 MAXIMUM FEED: 30mm/min  
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1160rpm  
 CUTTING DISTANCE: 100.64mm  
 RAPID DISTANCE: 1030.38mm  
 ESTIMATED CYCLE TIME: 3m:36s (9.1%)

HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35  
 VENDOR: Maritool  
 PRODUCT: CAT40-ER32-2.35



### T6 D6 L6

TYPE: drill LIVE  
 DIAMETER: 22mm  
 TIP ANGLE: 118°  
 LENGTH: 222.54mm  
 FLUTES: 1

MINIMUM Z: -37.38mm  
 MAXIMUM FEED: 88mm/min  
 MAXIMUM SPINDLE SPEED: 1160rpm  
 CUTTING DISTANCE: 149.52mm  
 RAPID DISTANCE: 1079.26mm  
 ESTIMATED CYCLE TIME: 1m:57s (4.9%)

HOLDER: Maritool CAT40-ER32-2.35  
 VENDOR: Maritool  
 PRODUCT: CAT40-ER32-2.35



## Operations

<b>Operation 1/7</b> <b>DESCRIPTION:</b> Profile3 <b>STRATEGY:</b> Turning Profile <b>WCS:</b> #0 <b>TOLERANCE:</b> 0.01mm <b>STOCK TO LEAVE:</b> 0mm <b>MAXIMUM STEPDOWN:</b> 3mm <b>MAXIMUM STEPOVER:</b> 1mm	<b>MAXIMUM Z:</b> 5mm <b>MINIMUM Z:</b> -25mm <b>SURFACE SPEED:</b> 200m/min <b>FEEDRATE PER REV:</b> 0.3mm <b>CUTTING DISTANCE:</b> 927.07mm <b>RAPID DISTANCE:</b> 859.67mm <b>ESTIMATED CYCLE TIME:</b> 18m:57s (48.1%) <b>COOLANT:</b> Flood	<b>T3 D0</b> <b>TYPE:</b> general turning <b>INSERT:</b> ISO C 80deg <b>EDGE LENGTH:</b> 9.82mm <b>NOSE RADIUS:</b> 0.8mm <b>CROSS SECTION:</b> T <b>TOLERANCE:</b> M <b>RELIEF:</b> N 0deg <b>COMPENSATION:</b> Tip tangent <b>DESCRIPTION:</b> CNMT Right Hand	
<b>Operation 2/7</b> <b>DESCRIPTION:</b> Profile4 <b>STRATEGY:</b> Turning Profile <b>WCS:</b> #0 <b>TOLERANCE:</b> 0.01mm <b>STOCK TO LEAVE:</b> 0mm <b>MAXIMUM STEPDOWN:</b> 3mm <b>MAXIMUM STEPOVER:</b> 1mm	<b>MAXIMUM Z:</b> 5mm <b>MINIMUM Z:</b> -47.8mm <b>SURFACE SPEED:</b> 200m/min <b>FEEDRATE PER REV:</b> 0.3mm <b>CUTTING DISTANCE:</b> 131.37mm <b>RAPID DISTANCE:</b> 151.17mm <b>ESTIMATED CYCLE TIME:</b> 3m:17s (8.3%) <b>COOLANT:</b> Flood	<b>T3 D0</b> <b>TYPE:</b> general turning <b>INSERT:</b> ISO C 80deg <b>EDGE LENGTH:</b> 9.82mm <b>NOSE RADIUS:</b> 0.8mm <b>CROSS SECTION:</b> T <b>TOLERANCE:</b> M <b>RELIEF:</b> N 0deg <b>COMPENSATION:</b> Tip tangent <b>DESCRIPTION:</b> CNMT Right Hand	
<b>Operation 3/7</b> <b>DESCRIPTION:</b> Profile5 <b>STRATEGY:</b> Turning Profile <b>WCS:</b> #0 <b>TOLERANCE:</b> 0.01mm <b>STOCK TO LEAVE:</b> 0mm <b>MAXIMUM STEPDOWN:</b> 3mm <b>MAXIMUM STEPOVER:</b> 1mm	<b>MAXIMUM Z:</b> 5mm <b>MINIMUM Z:</b> -47.8mm <b>SURFACE SPEED:</b> 2000m/min <b>FEEDRATE PER REV:</b> 0.3mm <b>CUTTING DISTANCE:</b> 147.56mm <b>RAPID DISTANCE:</b> 167.36mm <b>ESTIMATED CYCLE TIME:</b> 15s (0.6%) <b>COOLANT:</b> Flood	<b>T4 D0</b> <b>TYPE:</b> boring turning <b>INSERT:</b> ISO C 80deg <b>EDGE LENGTH:</b> 9.82mm <b>NOSE RADIUS:</b> 0.8mm <b>CROSS SECTION:</b> T <b>TOLERANCE:</b> M <b>RELIEF:</b> N 0deg <b>COMPENSATION:</b> Tip tangent <b>DESCRIPTION:</b> ID Boring	
<b>Operation 4/7</b> <b>DESCRIPTION:</b> Profile6 <b>STRATEGY:</b> Turning Profile <b>WCS:</b> #0 <b>TOLERANCE:</b> 0.01mm <b>STOCK TO LEAVE:</b> 0mm <b>MAXIMUM STEPDOWN:</b> 3mm <b>MAXIMUM STEPOVER:</b> 1mm	<b>MAXIMUM Z:</b> 5mm <b>MINIMUM Z:</b> -6mm <b>SURFACE SPEED:</b> 200m/min <b>FEEDRATE PER REV:</b> 0.3mm <b>CUTTING DISTANCE:</b> 342.24mm <b>RAPID DISTANCE:</b> 348.31mm <b>ESTIMATED CYCLE TIME:</b> 6m:50s (17.3%) <b>COOLANT:</b> Flood	<b>T3 D0</b> <b>TYPE:</b> general turning <b>INSERT:</b> ISO C 80deg <b>EDGE LENGTH:</b> 9.82mm <b>NOSE RADIUS:</b> 0.8mm <b>CROSS SECTION:</b> T <b>TOLERANCE:</b> M <b>RELIEF:</b> N 0deg <b>COMPENSATION:</b> Tip tangent <b>DESCRIPTION:</b> CNMT Right Hand	

<b>Operation 5/7</b> <b>DESCRIPTION:</b> Profile7 <b>STRATEGY:</b> Turning Profile <b>WCS:</b> #0 <b>TOLERANCE:</b> 0.01mm <b>STOCK TO LEAVE:</b> 0mm <b>MAXIMUM STEPDOWN:</b> 3mm <b>MAXIMUM STEPOVER:</b> 1mm	<b>MAXIMUM Z:</b> 5mm <b>MINIMUM Z:</b> -48.8mm <b>SURFACE SPEED:</b> 200m/min <b>FEEDRATE PER REV:</b> 0.3mm <b>CUTTING DISTANCE:</b> 132.56mm <b>RAPID DISTANCE:</b> 152.36mm <b>ESTIMATED CYCLE TIME:</b> 3m:19s (8.4%) <b>COOLANT:</b> Flood	<b>T3 D0</b> <b>TYPE:</b> general turning <b>INSERT:</b> ISO C 80deg <b>EDGE LENGTH:</b> 9.82mm <b>NOSE RADIUS:</b> 0.8mm <b>CROSS SECTION:</b> T <b>TOLERANCE:</b> M <b>RELIEF:</b> N 0deg <b>COMPENSATION:</b> Tip tangent <b>DESCRIPTION:</b> CNMT Right Hand	
<b>Operation 6/7</b> <b>DESCRIPTION:</b> Drill1 <b>STRATEGY:</b> Drilling <b>WCS:</b> #0 <b>TOLERANCE:</b> 0.01mm	<b>MAXIMUM Z:</b> 15mm <b>MINIMUM Z:</b> -25.16mm <b>MAXIMUM SPINDLE SPEED:</b> 1160rpm <b>MAXIMUM FEEDRATE:</b> 30mm/min <b>CUTTING DISTANCE:</b> 100.64mm <b>RAPID DISTANCE:</b> 1030.38mm <b>ESTIMATED CYCLE TIME:</b> 3m:36s (9.1%) <b>COOLANT:</b> Flood	<b>T5 D5 L5</b> <b>TYPE:</b> spot drill LIVE <b>DIAMETER:</b> 50mm <b>TIP ANGLE:</b> 90° <b>LENGTH:</b> 40.5mm <b>FLUTES:</b> 4 <b>DESCRIPTION:</b> 25mm Spot Drill	
<b>Operation 7/7</b> <b>DESCRIPTION:</b> Drill1 (2) <b>STRATEGY:</b> Drilling <b>WCS:</b> #0 <b>TOLERANCE:</b> 0.01mm	<b>MAXIMUM Z:</b> 15mm <b>MINIMUM Z:</b> -37.38mm <b>MAXIMUM SPINDLE SPEED:</b> 400rpm <b>MAXIMUM FEEDRATE:</b> 88mm/min <b>CUTTING DISTANCE:</b> 149.52mm <b>RAPID DISTANCE:</b> 1079.26mm <b>ESTIMATED CYCLE TIME:</b> 1m:57s (4.9%) <b>COOLANT:</b> Off	<b>T6 D6 L6</b> <b>TYPE:</b> drill LIVE <b>DIAMETER:</b> 22mm <b>TIP ANGLE:</b> 118° <b>LENGTH:</b> 222.54mm <b>FLUTES:</b> 1	

Generated by [Fusion 360 CAM 2.0.4262](#) Saturday, June 23, 2018 12:24:52